



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**LEANDRO AUGUSTO PINTO PEREIRA**

**CRIAÇÃO, DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE  
UM SIMULADOR COMPUTADORIZADO DE REALIDADE VIRTUAL  
PARA O ENSINO E TREINAMENTO DE BLOQUEIO DO NERVO  
ALVEOLAR INFERIOR**

Piracicaba

2016

**LEANDRO AUGUSTO PINTO PEREIRA**

**CRIAÇÃO, DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE  
UM SIMULADOR COMPUTADORIZADO DE REALIDADE VIRTUAL  
PARA O ENSINO E TREINAMENTO DE BLOQUEIO DO NERVO  
ALVEOLAR INFERIOR**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba da  
Universidade Estadual de Campinas como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de Doutor em Odontologia, na Área  
de Farmacologia, Anestesiologia e  
Terapêutica

Orientador: Prof. Dr. José Ranali

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA  
PELO ALUNO LEANDRO AUGUSTO  
PINTO PEREIRA E ORIENTADA PELO  
PROF. DR. JOSÉ RANALI

Piracicaba

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** Não se aplica.

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Marilene Girello - CRB 8/6159

P414c      Pereira, Leandro Augusto Pinto, 1976-  
Criação, desenvolvimento, aplicação e validação de um simulador  
computadorizado de realidade virtual para o ensino e treinamento de bloqueio  
do nervo alveolar inferior / Leandro Augusto Pinto Pereira. – Piracicaba, SP :  
[s.n.], 2016.

Orientador: José Ranali.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba.

1. Instrução por computador. 2. Anestesia dentária. 3. Educação em  
odontologia. 4. Computadores de bolso. 5. Telefone celular. I. Ranali,  
José, 1949-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia  
de Piracicaba. III. Título.

### Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Development, implementation and evaluation of a virtual reality simulator for local anesthesia for teaching and training inferior alveolar nerve block anesthetic technique

**Palavras-chave em inglês:**

Computer-assisted instruction  
Dental anesthesia  
Education, dental  
Pocket computers  
Cell phones

**Área de concentração:** Farmacologia, Anestesiologia e Terapêutica

**Titulação:** Doutor em Odontologia

**Banca examinadora:**

José Ranali [Orientador]  
Maximiliano Piero Neisser  
Francisco Carlos Groppo  
Eduardo Galembeck  
Horacio Faig Leite

**Data de defesa:** 24-02-2016

**Programa de Pós-Graduação:** Odontologia

## FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 24 de Fevereiro de 2016, considerou o candidato LEANDRO AUGUSTO PINTO PEREIRA aprovado.

PROF. DR. JOSÉ RANALI

PROF. DR. HORACIO FAIG LEITE

PROF. DR. MAXIMILIANO PIERO NEISSER

PROF. DR. FRANCISCO CARLOS GROPPPO

PROF. DR. EDUARDO GALEMBECK

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.



## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta obra a Deus por ter me dado uma segunda oportunidade de seguir em frente em busca dos meus sonhos profissionais e pessoais. Além disso, por me dar forças e me guiar com paciência e perseverança para que ao longo destes 4 anos eu pudesse enfrentar as mais profundas mudanças e desafios que a vida me colocou.

Ao meu PAI, Oswaldo Antonio Pinto Pereira e a minha MÃE Sueli Carvalho Pereira por simplesmente serem Pais geniais, amorosos e dedicados; sempre presentes com sábias palavras e com o apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus IRMÃOS Diguinho e Adri e suas respectivas esposas Natália e Jacqueline e filhas Marina e Beatriz pelo carinho e amparo familiar; por compreenderem meus momentos de ausência e necessidade de dedicação especialmente na fase final desta obra.

A minha namorada Luiza Salles pela companhia ao longo dos últimos anos deste trabalho. Por estar sempre presente me apoiando em meus sonhos, com muito amor, carinho e paciência.

A meu ORIENTADOR e AMIGO Prof. Dr. José Ranali por acreditar em mim, em meu amor pela Odontologia, pelo ensino e pela tecnologia. Mas fundamentalmente por não ter se desanimado comigo mesmo nos momentos mais complicados e de afastamento ao longo destes anos. Por ter me dado a incumbência de dar vida a um projeto que há muito tinha em mente. Obrigado pela compreensão, pelos almoços com palavras tranquilas que sempre me fizeram ver um mundo diferente; por me esperar e fazer da minha orientação um marco tão importante na sua bonita e vitoriosa carreira acadêmica.

A meu PROFESSOR e AMIGO Prof. Dr. Francisco Carlos Groppo, a pessoa indiscutivelmente responsável por eu ter dado sequência à minha formação acadêmica neste programa de Doutorado. Para sempre a minha mais profunda gratidão pelo telefonema que me deu em 2011 e por todos os momentos anteriores e posteriores a ele. Sem sua intervenção este trabalho não teria existido. Obrigado "Mano" pelos nossos mais de 20 anos de amizade

## **AGRADECIMENTOS**

À UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, por meio do Reitor: Prof. Dr. José Tadeu Jorge;

À FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA (FOP-UNICAMP), por meio do diretor: Prof. Dr. Guilherme Elias Pessanha Henriques;

À coordenação Geral dos Cursos de Pós-Graduação da FOP, por meio da sua coordenadora: Profa. Dra. Cíntia Pereira Machado Tabchoury;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, por meio da sua coordenadora: Profa. Dra. Juliana Trindade Clemente Napimoga;

AOS “TRÊS MOSQUETEIROS” André A. N. de Castro, Fabiano Capato de Brito e ao Rogério Heládio Lopes Motta, meus “irmãos”, por fazerem valer o verdadeiro sentido da palavra AMIGO;

AOS Professores do Departamento de Farmacologia, Anestesiologia e Terapêutica da FOP UNICAMP Prof. Dr. Eduardo Dias de Andrade e Profa. Dra. Maria Cristina Volpato por me inspirarem e participarem ativamente da minha formação docente assim como pela amizade ao longo destes 22 anos.

AO Rodrigo Takase, meu braço direito e esquerdo no desenvolvimento computacional deste projeto.

A Maria Elisa dos Santos e Eliane Melo Franco, por todo o apoio de bastidores, e pela dedicação com todos os alunos da disciplina.

À “Vó Maria” pela torcida e por todas as rezas para que tudo siga da maneira mais harmoniosa na vida de seus descendentes.

À minha EQUIPE BLANTUS composta pela Letícia (o protótipo dos movimentos do modelo 3D do aplicativo), Ednéia e Claudinéia.

Ao meu amigo  $\frac{1}{4}$  Peruano,  $\frac{1}{4}$  Brasileiro,  $\frac{1}{4}$  Americano e  $\frac{1}{4}$  do resto do mundo, Ronald Ordinola Zapata por me introduzir e me estimular a romper as barreiras do mundo hispânico e por me mostrar que não há fronteiras para aquilo que fazemos com amor.

A Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic, em nome do Prof. Dr. José Luiz Cintra Junqueira e aos Professores Róbson Tetsuo Sasaki e Profa Dra Juliana Cama Ramacciato pela parceria na utilização do Simulador pelos alunos de Graduação.

## RESUMO

Este trabalho envolveu o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação do uso de um simulador virtual de realidade não háptico de anestesia local odontológica para o ensino e treinamento da técnica anestésica tradicional de bloqueio do nervo alveolar inferior. O simulador denominado Dental Anesthesia Simulator foi criado em formato de software multiplataforma (MacOsX, Windows, iOS, Android e Windows Phone). Esta ferramenta computadorizada reproduz virtualmente as características anatômicas da cavidade bucal bem como do material necessário para a realização da referida técnica anestésica. Após o seu desenvolvimento, o aplicativo foi utilizado por 23 voluntários alunos do quarto semestre do curso de Graduação de Odontologia da Faculdade São Leopoldo Mandic. Os dados de utilização e evolução técnica dos alunos foram automaticamente coletados durante uma semana. O aplicativo foi instalado nos tablets e smartphones com sistema operacional iOS (iPhone 5, iPhone 6 e iPad) de uso pessoal dos voluntários e a utilização foi de livre uso. Após uma semana de uso os voluntários responderam a um questionário de avaliação da experiência de uso do aplicativo. Os resultados mostraram que 100% deles concordaram que o aplicativo é de fácil uso; que o modo estudo ajudou no aprendizado do ponto de punção e inclinação tridimensional da agulha, refletiu em maior segurança para a realização da técnica em pacientes, que as repostas automáticas de erros proporcionaram maior entendimento da técnica, que é uma promissora metodologia pedagógica de anestesia odontológica local, que gostaria de realizar o treinamento de outras técnicas bem como em outras disciplinas; 95% aprovaram a validade construtiva do simulador. Após uma semana de uso o índice médio de sucesso subiu de 22,6% para 56,5% ( $p < 0,001$ ) e não foram encontradas diferenças entre os três tipos de aparelhos utilizados (iPhone 5, iPhone 6 e iPad). Entretanto, os usuários de iPhone 6 obtiveram escores de precisão mais altos do que os usuários de iPhone 5 ( $p < 0,001$ ). Apesar da baixa incidência de aspiração positiva (2,4%), maior foi a sua incidência quanto maior o tempo utilizado para a realização da técnica e quanto maior foi o número de repetições. Concluiu-se que, após a sua utilização e avaliação por alunos de Graduação de Odontologia, a nova ferramenta de ensino e aprendizagem demonstrou adequada validade construtiva, confiabilidade e viabilidade. O simulador se mostrou uma promissora ferramenta complementar de ensino e treinamento em anestesia local.

Palavras chaves: Instrução por Computador. Anestesia Dental. Educação em Odontologia. Computadores de Mão. Telefones Celulares.

## ABSTRACT

This study involves the development, implementation and evaluation of using a non-haptic virtual reality simulator for local dental anesthesia for teaching and training inferior alveolar nerve block anesthetic technique. The so-called Dental Anesthesia Simulator was created in a multiplatform software format (MacOSX, Windows, iOS, Android and Windows Phone). This computerized tool virtually reproduces the anatomical characteristics of the oral cavity as well as advising the necessary equipment to perform the anesthetic technique. After its development, the Anesthesia Simulator has been used by 23 volunteers students from the fourth semester of a Dental Graduate Course at São Leopoldo Mandic Faculty. The Simulator was installed on tablets and smartphones with an iOS system (iPhone 5, iPhone 6 and iPad) for personal use by all the volunteer. The data relating to the use and technical evolution of the students were automatically collected over one week. After a week of use, volunteers answered a questionnaire to assess the use of the Simulator. The results showed that 100% agreed the Anesthesia Simulator is easy to use; the study mode helped in learning the puncture point and three-dimensional needle inclination, reflected in increased security for the performance of the technique in patients. Moreover, the automatic feedback of errors provided greater understanding of the technique, which is a promising teaching methodology of the dental anesthesia site, which would conduct training of other techniques as well as in other disciplines; 95% approved the construct validation of the Simulator. After a week of using the average success rate rose from 22.6% to 56.5% ( $p < 0.001$ ) and no major differences were found between the three types of smart technology used (iPhone 5, iPhone 6 and iPad). However, the users of the iPhone 6 obtained the highest accuracy scores from those who used the iPhone 5 ( $p < 0.001$ ). Despite the low incidence of positive aspiration (2.4%), the greater the incidence the longer the time used to perform the technique and the greater the number of repetitions. It was concluded that, after use and evaluation by dental undergraduate students, the new teaching and learning tool demonstrated adequate construct validation, reliability and feasibility. The simulator showed to be a promising complementary tool for teaching and training in local dental anesthesia.

**Key words:** Computer Assisted Instruction. Anesthesia, Dental. Education, Dental. Computers, Handheld. Cell Phones.

## RESUMEN

Esta investigación consistió en el desarrollo, implementación y evaluación del uso de un simulador no háptico de realidad virtual de anestesia dental odontológica para la enseñanza y el entrenamiento de la técnica anestésica tradicional bloqueo del nervio dentario inferior. El simulador Dental Anestesia Simulador fue creado en formato de software multiplataforma (MacOSX, Windows, iOS, Android y Windows Phone). Esta herramienta informática reprodujo las características anatómicas de la cavidad bucal, así como del equipo necesario para la realización de esa técnica anestésica. Después de su desarrollo, el simulador fue utilizado por 23 estudiantes voluntarios del cuarto trimestre del curso de pregrado en Odontología de la Facultad de Odontología São Leopoldo Mandic. El software del Simulador fue instalado gratuitamente en tablets y smartphones con sistema iOS (iPhone 5, iPhone 6 y iPad) de uso personal de los voluntarios. Los datos del uso y de la evolución técnica de los estudiantes se recogieron de forma automática durante una semana. Después de este tiempo de uso los voluntarios respondieron a un cuestionario para evaluar la experiencia con el uso del Simulador. Los resultados mostraron que el 100% de ellos acordaron que el Simulador es fácil de usar; el modo de estudio ayudó en el aprendizaje del punto de punción y la inclinación de la aguja en las tres dimensiones. Esto llevó a una mayor seguridad para la realización de la técnica en los pacientes. La retroalimentación automática de errores proporcionó la mayor comprensión de la técnica. La nueva herramienta se mostró una metodología prometedora de enseñanza de anestesia dentaria Odontológica. Todos los voluntarios dijeron que les gustaría realizar el entrenamiento simulado de otras técnicas anestésicas, así como de otras técnicas en otras disciplinas. Noventa y cinco por ciento de los voluntarios aprobaron la validez constructiva del simulador. Después de una semana de uso, la tasa de éxito promedio aumentó de 22,6% para 56,5% ( $p < 0,001$ ) y no se encontraron diferencias entre los tres tipos de equipos tecnológicos utilizados (iPhone 5, el iPhone y el iPad 6). Sin embargo, los usuarios del Iphone 6 obtuvieron mejor precisión que los usuarios del iPhone5 ( $p < 0,001$ ). Aunque fue baja incidencia de aspiración positiva (2,4%), mayor fue su incidencia cuanto más largo fue el tiempo utilizado para realizar la técnica y mayor el número de repeticiones. Se concluyó que, después de su uso y evaluación de los estudiantes de pregrado en Odontología, la nueva herramienta de enseñanza y aprendizaje demostró una adecuada validez constructiva, fiabilidad y viabilidad. El Simulador se mostró una herramienta complementaria eficaz para la enseñanza y entrenamiento en anestesia Odontológica.

Palabras clave: Instrucción por Computador. Anestesia Dentaria. Educación en Odontología. Computadores de Bolsillo. Teléfonos Celulares.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 7  |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA .....   | 9  |
| 3 PROPOSIÇÃO .....  | 45 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 46 |
| 5 RESULTADOS .....  | 67 |
| 6 DISCUSSÃO .....   | 79 |
| 7 CONCLUSÃO.....  | 87 |
| REFERÊNCIAS .....   | 88 |
| ANEXOS .....  | 95 |
| Anexo 1 - Folha de Aprovação do Comitê de Ética .....                                   | 94 |
| Anexo 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....                               | 95 |
| Anexo 3 - Formulário de Avaliação do Uso do Aplicativo Dental Anesthesia Simulator..... | 97 |

## 1 INTRODUÇÃO

A massiva introdução e incorporação das tecnologias de informática desde o início dos anos 90, tem imposto profundas mudanças comportamentais no dia a dia da sociedade atual. Esta onipresença tecnológica conjugada à conexão com a internet permite o acesso ilimitado às informações de características hipertextuais vem transformando inclusive a comunicação interpessoal.

A área da Pedagogia também está sendo afetada pela tecnologia, uma vez que o ensino está relacionado não apenas à interação interpessoal, mas também das pessoas com o universo de informações e costumes que as cercam. O contexto de acesso às informações por meio da internet inclui o acesso não apenas a textos e fotos estáticas, mas também a vídeos, animações tridimensionais, interatividade com o meio virtual e a liberdade de livre acesso à sequência de informações disponíveis conforme a necessidade individualizada de cada pessoa.

Devido a esta revolução causada pela tecnologia, novas metodologias educacionais têm sido desenvolvidas para se adequarem aos novos padrões sócio-comportamentais. Soma-se a isso, a crescente preocupação da área Médica e Odontológica, especialmente com profissionais que estão iniciando treinamentos cirúrgicos, com a preservação da qualidade de vida de pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos.

Sabe-se que é possível melhorar a qualidade técnica de execução de uma atividade por meio do treinamento repetitivo da mesma. O uso da tecnologia computadorizada permite a criação de ambientes virtuais simulados realísticos e sua incorporação aos treinamentos pré-clínicos. Estas novas ferramentas de ensino e aprendizagem podem melhorar o aperfeiçoamento profissional através do treinamento repetitivo livre de riscos aos pacientes.

Entretanto, o alto custo destes simuladores é um fator limitador da sua utilização ideal pela área médica. Na área Médica de Anestesiologia, alguns simuladores para treinamento de bloqueios anestésicos estão disponíveis. Por outro lado na área de Anestesiologia em Odontologia, os sistemas já desenvolvidos foram apenas protótipos e não estão disponíveis para compra ou uso no mercado mundial.



Como esta é uma área carente de um sistema computadorizado de realidade virtual voltado para a educação e treinamento, o desenvolvimento deste projeto visou criar um sistema multilíngue que proporcione um treinamento dentro dos novos conceitos de linguagem pedagógica da informática e que seja de fácil distribuição, acesso e utilização em todo o mundo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Anestesiologia

Em procedimentos operatórios invasivos, o controle adequado da dor por meio da administração de uma solução anestésica é fundamental, tanto para o conforto e colaboração do paciente, quanto para propiciar condições ideais de execução técnica do ato operatório. Além disso, um procedimento realizado sem a ocorrência de dor inesperada aumenta a confiança dos pacientes odontológicos (Okawa et al., 2005).

O alvo da anestesia local em Odontologia é o nervo trigêmeo e suas ramificações terminais. As técnicas anestésicas infiltrativas, são simples de serem executadas, pois a zona alvo está localizada mais superficialmente e portanto, de fácil determinação e alcance. Por serem mais simples e de fácil execução, o sucesso obtido com as técnicas infiltrativas é alto (Pereira et al., 2013).

Sabe-se que em uma anestesia infiltrativa a solução anestésica deve ser depositada preferencialmente na região do periósteo, nas proximidades do ápice dos dentes alvos. Para atingir a anestesia pulpar, é necessário que a solução anestésica se difunda pelo osso cortical e medular chegando às proximidades do ápice radicular do dente alvo. A capacidade de difusão tecidual das soluções anestésicas é dependente de vários fatores como lipossolubilidade do sal anestésico, pH tecidual, Pka da droga e espessura e densidade dos tecidos pelos quais deverá difundir-se (Meechan, 2002; Malamed, 2013).

Para que as técnicas infiltrativas sejam executadas com eficácia, certas características anatômicas devem ser consideradas. Entre elas, a espessura do osso cortical adjacente à área alvo. Este osso é mais denso que o medular e por este motivo, pode dificultar ou mesmo impossibilitar a difusão da solução anestésica limitando a sua chegada à região apical do dente alvo. Assim, quanto maior a espessura do osso cortical, maior é a dificuldade de penetração da solução anestésica local. A diferença entre a espessura do osso cortical é evidente quando comparadas a mandíbula e maxila. A maxila possui corticais delgadas. Estas são "barreiras" facilmente transponíveis para a solução anestésica permitindo a realização de técnicas infiltrativas simples e eficazes (Malamed, 1997; 2013).

Já a mandíbula apresenta, em sua maior extensão, corticais ósseas espessas e densas. Esta característica anatômica impede ou limita a difusão da solução anestésica da região adjacente ao periósteo até o osso medular ao redor do ápice radicular. Assim sendo, o uso de técnicas infiltrativas na mandíbula é bastante limitado restringindo-se a alguns procedimentos não invasivos, geralmente na região de incisivos inferiores (Meechan, 2002).

Para grande parte dos procedimentos com necessidade de bloqueio de estímulos de dor por meio da anestesia local realizados na mandíbula, se faz necessário o uso de técnicas anestésicas de bloqueios tronculares. Entretanto, estes bloqueios são mais difíceis de serem realizados quando comparados à técnica infiltrativa. À esta dificuldade técnica, alguns autores atribuem maiores índices de insucesso das anestésias mandibulares, relatando valores de insucesso de 45% na mandíbula e apenas 11,7% na maxila (Cowan et al., 1986; Meechan, 2002).

Entre as técnicas anestésicas de bloqueio do nervo alveolar inferior, a técnica clássica de bloqueio é a mais utilizada (Malamed, 1997) e provavelmente a mais importante na Odontologia (Pereira et al., 2011). Todavia, esta técnica possui de 15 a 45% de insucesso (Kaufman et al., 1984; Cowan et al., 1986; Meechan, 2002; Budenz, 2003).

Diversos são os motivos que dificultam a técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior e geralmente estes estão relacionados à determinação e ao alcance da zona alvo, o forame mandibular (Cowan et al., 1986; Keros et al., 2001; Meechan 2002). Segundo Malamed (2013), essa taxa significativamente menor de sucesso se deve a dois fatores: à variação anatômica na altura do forame mandibular e a necessidade de uma penetração tecidual profunda, dificultando a técnica e levando à imprecisão clínica.

Após avaliar 94 pacientes com falha no bloqueio do nervo alveolar inferior, Keros et al. (2001) relataram o posicionamento da língua óssea como uma causa de insucesso. Esta se encontrava proeminente em 56% dos casos dificultando o acesso da agulha às proximidades do forame mandibular. Os mesmos autores concluíram que a posição mais posterior do forame também influencia no insucesso do bloqueio, pois a solução anestésica pode não chegar em quantidade suficiente para promover uma anestesia efetiva.

Outro fator relacionado às falhas em anestésias locais tronculares na mandíbula, é que esta região anatômica tem grande variabilidade anatômica

individual, principalmente relacionada às inervações acessórias (Heine et al., 1985; Blanton e Jeske, 2002).

Um fator determinante de falha de técnica anestésica pouco citado em livros e artigos científicos, é o treinamento em quantidade insuficiente da técnica e a falta de uma profunda compreensão da anatomia aplicada à mesma (Brand et al., 2008). O treinamento insuficiente também pode predispor os pacientes à ocorrência de complicações de diferentes gravidades (Crean et al., 1999). Esta deficiência educacional vem sendo observada em diversas faculdades de Odontologia (Brand et al., 2008).

Geralmente, a metodologia pedagógica empregada no ensino e aprendizado de técnicas anestésicas é aquela onde um estudante realiza a anestesia no seu colega de turma e vice e versa (Rosenberg et al., 2009; Corrêa et al., 2014; Poyade et al., 2014). Esta técnica foi denominada por Rosenberg et al. (2009) como técnica "aluno em aluno", sendo este tipo de procedimento tão usual, que historicamente se caracteriza como um ritual de passagem de etapa para os estudantes de Odontologia em todo o mundo.

Para avaliar as questões éticas, morais e pedagógicas relativas ao ensino de técnicas anestésicas, Rosenberg et al. (2009) enviaram um questionário à 56 Instituições de Formação em Odontologia sediadas nos Estados Unidos da América. Destas 56 Instituições, 42 responderam o questionário on-line. Mais de 97% (42) delas reportaram que o treinamento inicial de técnicas anestésicas locais é realizado no modelo "aluno em aluno".

Apesar da realização de uma técnica anestésica não ser isenta de riscos, este tipo de treinamento ainda é visto pelas Instituições como um método aceitável e nenhum esforço é feito para tentar mudar este conceito. Porém, se voltarmos a atenção a treinamentos de técnicas anestésicas em outras áreas da saúde, veremos que o conceito pedagógico é diferente e vem sofrendo mudanças significativas através do uso da computação gráfica. Por estes motivos, atualmente alguns questionamentos éticos têm sido abordados em relação a esta prática (Rosenberg et al., 2009).

Na medicina, por exemplo, não é rotina, e jamais foi aplicado um treinamento inicial de técnicas anestésicas no método "aluno-aluno" para bloqueio do plexo braquial, femural, ciático, sub-aracnoide ou outras técnicas de uso rotineiro no dia a dia de um médico anestesista. Seguindo esta linha de raciocínio, as

Insituições deveriam repensar as suas metodologias de ensino de técnicas de anestesia local odontológica dentro deste contexto. O uso de simuladores computadorizados de realidade virtual parece ser um caminho promissor e livre de riscos aos alunos e pacientes (Rosenberg et al., 2009).

Como citado por Bosse et al. (2015), a repetição é de extrema importância para a aquisição e desenvolvimento de habilidades. Soma-se à questão ética do treinamento “aluno em aluno”, o fato de que, por razões óbvias, não é possível realizar a quantidade suficiente de repetição da técnica o que pode acarretar no comprometimento do aprendizado.

Adaptada de Malamed (2013), a técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior pode ser descrita passo a passo desta maneira:

- a) administrar um antiséptico para bochecho contendo Gluconato de Clorexidine a 0,12%. Esta etapa é opcional;
- b) colocar o paciente em posição de decúbito dorsal para diminuir a ocorrência de uma síncope vasopressora;
- c) secar a área de punção com uma gaze melhorando a visibilidade do tecido;
- d) estabelecer uma comunicação verbal assertiva e positiva com o paciente evitando o uso de palavras como “dor”, “injeção”, “agulha”, “picada”, “vai doer um pouco”, “não vai doer”;
- e) comunicar-se com palavras mais positivas como “irá sentir um leve desconforto”, “sentirá uma sensibilidade temporária e logo começará a adormecer o tecido”, “irei administrar o anestésico local”, “farei a anestesia”;
- f) manter o conjunto seringa carpule, agulha e solução anestésica fora do campo de visão do paciente. A visão do instrumental por parte do paciente gera ansiedade e estresse;
- g) determinar a área alvo como a área correspondente ao nervo alveolar inferior acima do forame mandibular e posteriormente à língula da mandíbula onde o nervo ainda se encontra na superfície do osso do ramo da mandíbula;
- h) estabelecer tridimensionalmente o ponto de punção obtendo-se a altura e a colocação anteroposterior do conjunto agulha/carpule/tubete anestésico. A altura da punção deve ser estabelecida através da colocação do dedo

indicador da mão esquerda totalmente apoiada na superfície oclusal dos molares do lado a ser anestesiado. Levar a ponta do dedo até a borda anterior do ramo da mandíbula;

- i) traçar uma linha imaginária, paralela à superfície oclusal dos molares, saindo da altura da margem superior da unha do dedo indicador até a superfície mais posterior da prega pterigomandibular;
- j) estabelecida a altura da punção, é necessário determinar a posição anteroposterior do ponto de punção. A posição anteroposterior está situada 2 a 3 mm da prega pterigomandibular em direção à vestibular do lado a ser anestesiado;
- k) definido o ponto de punção deve-se estabelecer a direção de penetração da agulha. Para isso, o operador deve posicionar a seringa carpule apoiada nos dentes pré-molares inferiores do lado oposto. Nos casos onde houver a ausência dos pré-molares, deve-se utilizar a comissura labial do lado oposto como referência;
- l) o próximo passo é introduzir lentamente a agulha até encontrar resistência óssea. A agulha irá penetrar em torno de 20 a 25 mm até que encontre resistência óssea. Caso não encontre resistência óssea ou mesmo encontre-a muito superficialmente, reavaliar o ponto de punção e também o direcionamento da agulha;
- m) encontrando-se resistência óssea na profundidade desejada, realizar a aspiração. Obtendo-se aspiração negativa, iniciar a deposição do anestésico de forma lenta a uma velocidade aproximada de 1 ml/min;
- n) aguardar de 3 a 5 minutos para avaliação de anestesia pulpar.

Após 5 minutos, se não houver anestesia pulpar fica caracterizada a falha do bloqueio anestésico. Neste caso, medidas suplementares devem ser tomadas para alcançar uma anestesia efetiva.

## 2.2 Metodologia de ensino

Em diversas situações do dia a dia como, por exemplo, dirigir, tocar um instrumento, jogar futebol, dançar, operar um equipamento, pilotar um avião entre outras, necessitamos desenvolver habilidades sensomotoras por meio de eficientes sistemas de processamento de informações. Pelo conhecimento dos mecanismos humanos de processamento de informações, podemos estabelecer estratégias metodológicas em conformidade com estes, resultando em uma melhor performance e facilitação da aquisição do aprendizado.

A eficiência do processo de aprendizado pode estar relacionada a fatores extrínsecos e intrínsecos. Fatores extrínsecos são aqueles sobre os quais o indivíduo não pode agir (quantidade de informação a ser processada). Já os fatores intrínsecos são de domínio do indivíduo como, por exemplo, nível de atenção (Vidal et al., 2015).

As estratégias efetivas de ensino devem planejar a apresentação progressiva e organizada de fatores extrínsecos como a quantidade de informações relevantes ao processo de aprendizado. Esta apresentação é crítica e é um dos fatores determinantes da eficácia do processo. Se a relação da quantidade sequencial de informação relevante apresentada aumentar em um mesmo período de tempo, acarretará em um aumento na taxa de erro e uma redução na qualidade do aprendizado (Bogacz et al., 2010). Além do mais, se várias informações relevantes forem apresentadas ao mesmo tempo, o indivíduo será forçado a dividir a atenção entre as diferentes informações relevantes. Assim sendo, haverá um aumento no tempo de resposta de aprendizado e uma tendência de aumentar a taxa de erros no processo. Isto ocorre, pois a capacidade humana de processamento de informações é limitada (Franconeri et al., 2013).

Para a idealização de sistemas de aprendizado mais efetivos, deve-se direcionar a atenção às informações relevantes, expondo apenas uma delas por vez. Entretanto, ao mesmo tempo, pode-se apresentar diversas outras informações não relevantes. Desta forma, o aluno consegue filtrar e processar de forma efetiva o conteúdo mais importante enquanto também foca, porém com menor importância, nos tópicos de menor relevância (Vidal et al., 2015).

Esta deve ser uma preocupação atual dos educadores, pois nas últimas décadas, a quantidade de conhecimento científico tem aumentado rapidamente.



Estima-se que o volume de informação científica na área de saúde dobre a cada 6 anos. Com esta crescente quantidade de informações, metodologias de ensino eficazes necessitam ser desenvolvidas e empregadas para filtrar as informações de relevância facilitando à constante atualização profissional. Esta é de suma importância, pois traz benefícios para a sociedade diminuindo a taxa de mortalidade em procedimentos médicos mais complexos. Além do mais, pode diminuir erros operacionais mesmo em procedimentos mais simples (Ellis, 1995).

Frente à preocupação em avaliar a atualização profissional, algumas entidades como o Colégio Real de Anestesiologia (Inglaterra) têm formulado treinamentos com atualizações teóricas consideradas por eles, como ideais para a área médica. Entretanto, há um aspecto completamente distinto quando se considera o desenvolvimento de habilidades práticas. Estas podem sofrer influência da experiência prévia do profissional e especialmente da velocidade individual de aprendizado motor. Alguns necessitam de mais treinamento sob tutoria enquanto outros podem apresentar maior facilidade reduzindo a carga horária necessária. Nestes casos, a introdução de métodos computadorizados de auto repostas e orientações e desenvolvimento progressivo de habilidades, como simuladores, deveria ser considerado (Ellis, 1995).

Em *The Cult of Pharmacology: How America Became the World's Most Troubled Drug Culture*, 2006, Richard DeGrandpre descreveu que em 1890, William Stewart Halsted, aos 38 anos, obteve o cargo de chefe de cirurgia do Hospital Johns Hopkins e iniciou uma completa transformação no método de ensino na área médica/cirúrgica. Ele modernizou e recodificou o sistema de formação profissional médico que resultava em profissionais com níveis de desempenho diferentes. Halsted também é reconhecido por ter realizado a primeira transfusão sanguínea, desenvolvido a mastectomia radical e inventado a luva cirúrgica.

Como mencionado anteriormente, sua maior contribuição para a área médica foi o desenvolvimento de um novo modelo educacional cirúrgico contrapondo-se ao modelo que vinha sendo utilizado há mais de um século. Anteriormente a Halsted, o modelo de treinamento era o de observação. Neste modelo o estudante apenas assistia o seu orientador realizar procedimentos até que este decidisse que a educação de seu orientado estivesse completa. Desta forma, o novo cirurgião iniciava a sua vida cirúrgica realizando qualquer tipo de cirurgia.

Halsted modificou o sistema criando o primeiro programa de residência onde os alunos passariam de 6 a 8 anos, com 110 horas semanais de treinamento em ambiente hospitalar. Os residentes eram proibidos de adquirirem matrimônio e deveriam estar disponíveis 24 horas por dia. O sistema criado visava o desenvolvimento gradual de seus residentes onde os mesmos, passo a passo assumiam níveis maiores de responsabilidade dentro do centro cirúrgico. Neste sistema os alunos eram supervisionados e orientados adquirindo experiência especialmente através dos erros cometidos. O sistema era desenhado em forma de pirâmide onde os residentes poderiam, a cada ano, subir ou descer níveis desta pirâmide em função do seu desempenho pessoal.

Essa metodologia de ensino estratificado em níveis progressivos de dificuldade cirúrgica ficou reconhecida como “see one, do one, teach one” ou “aprender fazendo” e ainda hoje é utilizada nos cursos de Graduação e Pós-Graduação na área médica. Este modelo pode ser dividido didaticamente em três fases: cognitiva, associativa e autônoma por meio de uma curva ascendente de aprendizado (Sousa et al., 2011).

Na fase cognitiva do aprendizado o aluno visa compreender o objetivo final da atividade. Este estágio inicial é caracterizado por uma grande necessidade de atenção à tarefa pela falta de familiaridade com a mesma. Nesta fase a variação dos níveis de performance é muito grande e os resultados bastantes inconsistentes. Após mais repetições, o aprendiz evolui e atinge a fase associativa. Apresenta agora uma significativa melhora de performance e uma redução nos níveis de atenção. Nesta etapa ele já é capaz de identificar alguns erros de técnica (Sousa et al., 2011).

Com um maior treinamento, ocorre a evolução para o nível autônomo onde o domínio da técnica é grande e já não requer níveis elevados de atenção. Desta forma, o indivíduo pode focar a sua atenção em detalhes mais refinados de performance como a identificação mais efetiva de erros. Frente à ocorrência ou mesmo a previsão do erro, o aluno nesta fase, possui a capacidade de realizar repentinas tomadas de decisões e correções de técnica. Nesta etapa o nível de performance é alto e o resultado alcançado é padronizado devido ao tempo de treinamento (Sousa et al., 2011).

O uso de simuladores promove uma complementação à fase cognitiva permitindo que o usuário alcance níveis mais avançados de domínio de técnicas antes de empregá-las em situações reais (Sousa et al., 2011). Os simuladores além

de permitirem o treinamento intensivo, podem realizar avaliações formativas, onde respostas e orientações automáticas são dadas para melhorar a performance do usuário. Por outro lado, as avaliações podem ser do tipo somativas. Neste último sistema o usuário necessita atingir certo nível de performance para que passe para o estágio seguinte (Sousa et al., 2011). Independente do tipo de avaliação, a estratégia pedagógica do uso dos simuladores visa melhorar a cognição de alta ordem que se traduz na compreensão e aplicação de conceitos complexos através da elaboração de estratégias de solução do problema proposto (Oliveira, 1999).

O uso de metodologias pedagógicas automatizadas com repostas também automáticas com o objetivo de melhorar o auto-aprendizado não é um conceito recente. Não começou a ser utilizado à partir do desenvolvimento de simuladores computadorizados de realidade virtual à partir da década de 1980. Este conceito vem desde 1866 quando Pressey fez o primeiro registro de patente no Escritório de Patentes dos Estados Unidos de uma Máquina de Ensino. Este equipamento tinha como objetivo o ensino de fala através de um método de auto-aprendizado. Para ser considerada uma Máquina de Ensino, o equipamento deveria possuir três requisitos: apresentar um conteúdo informativo, propiciar alguma forma para que o usuário pudesse responder aos questionamentos da máquina e que o aparelho pudesse fornecer uma resposta de acerto ou erro ao usuário (Benjamin, 1988).

Em 1933, no capítulo final de seu livro (p. 582-583) intitulado “A Psicologia e a Nova Educação”, Pressey escreveu:

Deveria existir uma revolução industrial na educação onde a ciência educacional e a ingenuidade da tecnologia de educação se combinassem para modernizar os procedimentos grosseiramente ineficientes e desajeitados da educação convencional. O trabalho nas escolas do futuro será maravilhoso e simplesmente organizado de modo a ajustar quase automaticamente as diferenças individuais e as características do processo de aprendizagem. Haverá muitos sistemas e até mesmo máquinas ou dispositivos para economizar tempo e esforços. Entretanto, não para a mecanização da educação, mas sim para a libertação dos professores e dos alunos do trabalho educacional penoso e incompetente.

Setenta anos depois do primeiro registro de patente de Pressey, em 1936, já haviam mais de 700 supostas máquinas de ensino registradas nos Estados Unidos da América. Todavia, apenas algumas delas preenchiam os 3 requisitos básicos desta ferramenta educacional (Benjamin, 1988).

Entretanto, foi com o trabalho de Skinner, na década de 1950, que as máquinas de ensino se tornaram ainda mais populares e promissoras nos EUA. Seu interesse pelo desenvolvimento destas máquinas deu início durante uma visita à uma aula de aritmética onde a sua irmã era aluna. Nesta aula, Skinner fez duas observações. A primeira delas foi que todos os alunos, independentemente de sua facilidade e experiência prévia, tinham que caminhar no mesmo ritmo. A segunda observação foi de que os alunos tinham que esperar ao menos 24 horas, ou seja, a aula do dia seguinte, para saberem seus acertos e seus erros nos testes realizados na aula anterior. Em seus conceitos de aprendizado, Skinner defendia a teoria de que a demora na avaliação de certo ou errado gera desinteresse dos alunos além de não permitir a sedimentação do conhecimento no melhor momento possível: logo após o erro (Skinner, 1961; Benjamin, 1988).

Após aproximadamente uma década da introdução do conceito e equipamentos de Skinner, as máquinas de ensino começaram a ser abandonadas e a cair no esquecimento. O fracasso no uso destes equipamentos seu deu, segundo Rabinowitz e Mitzel (1962), pelo despreparo profissional e a resistência e inércia dos professores para utilizar novas metodologias didáticas. A resistência dos professores também se deu em outra esfera. Muitos rejeitaram o uso destas máquinas de ensino temendo a automação educacional total o que culminaria com a substituição dos professores em sala de aula por máquinas de ensino. Em suas concepções, isto levaria a um desemprego em massa dos profissionais da educação. Outro motivo relacionado ao fracasso do uso foi que alguns sistemas não tinham uma “plataforma” amigável, levando a dificuldades de uso. O elevado custo de alguns sistemas também era considerado um fator preponderante (Benjamin, 1988).

Com o desenvolvimento e popularização da computação entre os anos de 1980 e 1990, os projetos de máquinas de ensino evoluíram para uma nova roupagem dando início à era dos equipamentos computadorizados de ensino e auto-aprendizado. Mesmo que em diferentes escalas, a tecnologia invadiu a educação. Segundo o Bureau of the Census Norte Americano, em 1994 97% das escolas públicas já adotavam recursos de informática na prática de ensino e aprendizagem (Oliveira, 1999).

A evolução tecnológica da computação também trouxe profundas mudanças em todos os aspectos da vida moderna não apenas na pedagogia, mas

inclusive nas relações interpessoais diárias (Prensky 2001a; Günther, 2007; Cortella, 2014; de Wet e Yelland, 2015).

Diante disso, atualmente podemos considerar a existência de duas gerações. Uma delas com mais de 30 anos de idade chamada de Imigrante Digital e a outra com menos de 30 anos de idade considerada a Nativa Digital (Prensky 2001b; Günther, 2007; Cortella, 2014). Esta última já nasceu com a internet e a tem como uma ferramenta que lhe proporciona um mundo com meios de comunicação hipertextuais e busca por contextos educativos com estas características. Já a geração Imigrante Digital é aquela onde a internet veio após o seu ensino básico. Esta geração necessitou inserir em sua rotina uma nova ferramenta anteriormente não existente, a informática. Isto faz com que as gerações tenham diferentes comportamentos em muitas áreas de suas vidas e entre elas, na educação.

Atualmente, o ensino está voltado para gerações nascidas no século XXI, geralmente com professores do século XX que por muitas vezes utilizam métodos de ensino do século XIX. Isto pode gerar um descompasso na relação ensino/aprendizado, levando até mesmo ao desinteresse do aluno ao aprendizado (Cortella, 2014).

Segundo Prensky (2001a), a cada vez mais rápida evolução tecnológica vem trazendo consequências à área de ensino levando a um declínio significativo da qualidade educacional. O autor relata também a incapacidade dos educadores de enxergar a causa mais fundamental por este declínio. Esta causa é que as novas gerações de alunos têm mudado radicalmente e não mais se adequam ao sistema educacional tradicional presente. O que aconteceu com estas novas gerações é que não houve apenas uma mudança incremental vinda das gerações anteriores mas houve uma marcante descontinuidade geracional. Esta singularidade se deu pela chegada e rápida disseminação da tecnologia digital.

Jogos de computador, e-mail, Internet, telefones celulares e mensagens instantâneas sempre foram partes integrantes da vida da geração Nativa Digital. Com isso, estima-se que um aluno que acabou de passar em um processo seletivo de uma instituição de nível superior já tenha recebido e enviado mais de 200.000 mensagens rápidas por telefone ou email, passado mais de 10.000 horas jogando jogos virtuais, mais 10.000 horas se comunicando por telefones celulares, mais 20.000 horas assistindo televisão, especialmente MTV, assistido mais de 500.000

comerciais e menos de 5.000 horas de suas vidas lendo um livro. Este é o perfil do estudante nativo digital (Prensky, 2001a).

Como resultado desse ambiente digital onipresente e do volume de interação com ele, os estudantes de hoje passaram a pensar e processar as informações de forma fundamentalmente diferente de seus antecessores. Essas diferenças vão muito mais longe e mais profundamente do que a maioria dos educadores possa perceber ou suspeitar. Diferentes experiências acarretam em diferentes estruturas cerebrais. Isto ocorre pois os diferentes estímulos levam a mudanças neuroplásticas no sistema nervoso central afetando o modo das pessoas pensarem, levando a transformações comportamentais por toda a sua vida. Além disso, pessoas que vivem em culturas diferentes não apenas pensam em coisas diferentes, mas realmente pensam diferente. O ambiente e a cultura em que a pessoa é criada afeta e muitas vezes determinam vários aspectos de processamento de ideias, com reflexos nas suas necessidades pedagógicas para um efetivo aprendizado (Prensky, 2001a).

Devido a estas profundas alterações, Prensky (2001a), sugeriu que atualmente os professores têm que aprender a se comunicar na linguagem e no estilo dos seus alunos. É necessário que os professores, imigrantes digitais, deixem de pensar que seus alunos são os mesmos que eles sempre tiveram e que os mesmos métodos pelo qual foram ensinados serão eficazes nos dias atuais. Esta presunção não é mais válida. Uma nova formatação pedagógica é necessária. Isto não significa realizar mudanças no que é importante ou na sequência de pensamentos didáticos. Mas significa mudança de velocidade, ser mais rápido, menos passo a passo, porém andando em paralelo com acessos aleatórios à informações complementares. Um exemplo disso é pensar que o ensino do futuro inevitavelmente incluirá softwares, hardwares, robótica, nanotecnologia, entre outros, mas que, ao mesmo tempo pode estar incluso ética, política, sociologia, línguas, matemática, biologia e mais um ilimitado conteúdo paralelo (Prensky, 2001a).

Uma área chave envolvida no processo de aprendizagem que parece ter sido afetada nos Nativos Digitais, é a área da reflexão. Esta é peça fundamental no mecanismo de aprendizado a partir da experiência. No mundo de alta velocidade desta geração, há menos tempo e oportunidades para a reflexão. O desafio educacional mais importante é criar mecanismos que incluam a reflexão e o

pensamento crítico dentro de um conteúdo hipertextual (Prensky, 2001 a; Prensky, 2001b).

Em uma análise dos desafios e oportunidades no ensino médico para Nativos Digitais e Imigrantes Digitais, Wet e Yelland (2015) alertaram que esta geração de Nativos Digitais já frequenta as universidades de todo o mundo e são evidentes os motivos pelos quais os professores universitários precisam se tornar Imigrantes Digitais ativos e modernizar os processos educacionais também nos cursos de nível superior. Além disso, os autores evidenciam a ascensão da criação de ambientes virtuais de aprendizagem e de comunidades virtuais, gerando cada vez mais recursos de *e-learning* com livre acesso. Porém, os autores alertam que a maioria dos conteúdos de livre acesso ainda não é confiável por não possuir critérios sérios de seleção de qualidade e veracidade de informação.

Em 2013, Joiner et al. compararam o uso da internet, a ansiedade gerada pela internet e a identificação dos mesmos com a rede virtual entre a primeira geração de Nativos Digitais nascida após o ano de 1980 com a segunda geração de Nativos Digitais nascida após o ano de 1993. O número de participantes da pesquisa foi de 558 da primeira geração e 458 da segunda geração. Para isso, os alunos preencheram um questionário quando cursando o primeiro semestre da faculdade. A segunda geração apresentou atitudes mais positivas em relação à internet, escores mais altos de identificação com a internet e mostraram desenvolver menor ansiedade na sua utilização. A segunda geração também mostrou um tempo de uso significativamente maior do que a primeira. O estudo mostrou também que os sites de redes sociais são mais populares para a última geração e que ambas as gerações relataram baixa utilização das tecnologias da Web 2.0.

Portanto, fornecer mais informação e de forma hipertextual não significa fornecer informação de qualidade. As tecnologias podem afetar positivamente ou negativamente o aprendizado (negativamente por apresentar muitas distrações). Por este motivo é necessário estruturar uma plataforma de ensino efetivo, sem distrações e que possam manter o foco na proposta principal do ensino (Cortella, 2014). Prensky (2001b), dentro do conceito pedagógico voltado para a geração Nativa Digital, mostrou-se favorável à criação de jogos educativos, mesmo que para as mais sérias finalidades.



## 2.3 Uso de simuladores

Há anos, a área de Aviação, preocupada com as vidas humanas envolvidas, vem avaliando os fatores humanos que podem interferir na performance durante o manejo de uma aeronave. O primeiro simulador utilizado na aviação data de 1910. Era um mecanismo constituído por duas metades de um barril dispostos sobre um pedestal na tentativa de simular o efeito gravitacional do voo e o treinamento para a manutenção do nível do horizonte (The National Center for Simulation, 2015).

A partir da Primeira Guerra Mundial houve uma evolução dos sistemas, que passaram a simular as condições físicas das cabines das aeronaves. Com o rápido desenvolvimento, instrumentos de voo passaram a ser utilizados nos simuladores. O desenvolvimento da eletrônica e do início da computação permitiu a introdução de novos avanços nos simuladores. Regras de aerodinâmica e variações de voos começaram a proporcionar reais condições de voo em um ambiente simulado. Foi após o final da Segunda Guerra Mundial que os simuladores passaram a ser utilizados na aviação civil. O primeiro deles foi produzido pela Curtiss-Wright para a companhia aérea Pan American Airways. Na década de 60 os movimentos das aeronaves passaram a serem aplicados aos simuladores, culminando com o uso das imagens 3D da área visível da cabine na década de 70 e hoje, as imagens das telas são indistinguíveis das imagens reais (The National Center for Simulation, 2015).

O uso de simuladores tem se mostrado bastante efetivo para que os pilotos tenham melhor performance, estejam mais familiarizados com as cabines de diferentes modelos de aeronaves e aptos a diagnosticarem e resolver situações críticas. Através destes sistemas simulados, também podem trabalhar a detecção e correção rápida de erros, distrações durante operação e mesmo treinamentos básicos (The National Center for Simulation, 2015; Jackson e Gibbin, 2006).

A área médica, assim como a aviação, por estarem intimamente ligadas com a vida humana, vem sendo comparadas no quesito de segurança. Jackson e Gibbin (2006) reportaram que 80% dos erros nestas áreas provêm de falhas humanas.

O desempenho médico no manejo de hipertermia maligna, uma situação crítica em anestesiologia, foi avaliado por Chopra et al. (1994). Entretanto, antes da

avaliação, os 28 voluntários foram divididos em dois Grupos sendo que um deles recebeu o treinamento para choque anafilático e hipertermia maligna em um simulador virtual e o outro Grupo apenas recebeu o treinamento simulado em choque anafilático e não para hipertermia. Após 3 meses do treinamento, todos os voluntários tiveram suas performances avaliadas frente a ocorrência de uma hipertermia maligna no mesmo simulador virtual de realidade. Os resultados obtidos apontaram uma melhor performance dos voluntários que receberam o treinamento prévio completo no simulador virtual de realidade.

Os simuladores computadorizados estão sendo utilizados em diferentes áreas da saúde, inclusive no ensino de Psicologia. Oliveira (1999) avaliou os efeitos sobre a frequência escolar e a auto-percepção de atividades laboratoriais de alunos de graduação em Psicologia com uso de um simulador computadorizado. O simulador utilizado foi o “Sniffy, the Virtual Rat”. Este simulador permitia ao usuário controlar o comportamento de um rato virtual por exercícios de moldagem e da aplicação de reforço e extinção. O simulador foi utilizado como um complemento e não para substituir a atividade didática convencional. Os resultados mostraram que, independentemente do gênero dos alunos, houve um aumento de frequência escolar e também uma melhora no nível de interesse pela disciplina cursada.

Devido ao crescente interesse no uso de simuladores na área médica, especialmente no aspecto de treinamento sem risco aos pacientes, Buchanan (2001) fez uma descrição de quatro simuladores virtuais computadorizados de realidade presentes na época. A autora relatou que em Odontologia, os laboratórios pré-clínicos tradicionais com o uso de manequins e às vezes dentes extraídos podem ser considerados simuladores, porém não computadorizados. Com a evolução tecnológica, hoje é possível encontrar laboratórios mistos, onde se mescla entre manequins físicos tradicionais com auxílios de repostas e avaliação por sistemas computadorizados até os sistemas totalmente computadorizados que podem ser hápticos ou não hápticos (Buchanan, 2001).

O sistema DentSim era o simulador mais utilizado e também com o maior suporte científico de sua eficácia educacional em 2001. O simulador DentSim é um sistema composto por um manequim físico contendo dentes de plástico em uma cabeça laboratorial monitorada por uma câmera de infravermelho que capta os movimentos e os desgastes realizados pelo usuário e mais dois computadores. Estes movimentos e desgastes são monitorados em tempo real através do envio das

imagens, captadas pela câmera, ao computador. Este por sua vez faz a análise frente a um algoritmo e gera para o usuário respostas instantâneas de áudio, visuais e gráficos. Ao final do procedimento o sistema também faz a avaliação do desempenho completo do usuário. O sistema possui vinte e um diferentes procedimentos pré-programados. Em 2001 este sistema estava sendo utilizado por 20 instituições de ensino em Odontologia ao redor do mundo (Buchanan, 2001).

A experiência de uso do DentSim na Universidade da Pensilvânia demonstrou que os alunos aprendem mais rapidamente procedimentos técnicos, porém, ao final do treinamento alcançam o mesmo nível técnico daqueles submetidos ao treinamento convencional. Os alunos treinados no DentSim, realizaram uma produção 50% maior de preparos cavitários que os alunos do treinamento convencional. Foi observado também que a frequência de avaliação, ao serem realizadas as tarefas pré-clínicas, foi três vezes maior para o Grupo que utilizou o simulador. A taxa de frequência de avaliação com o DentSim é bastante alta. Para que um sistema tradicional de ensino, com proporção professor/aluno de 10/1, alcance a taxa de frequência de avaliação deste simulador, cada professor teria que fornecer uma resposta de avaliação completa de um preparo cavitário a cada 43 segundos (Buchanan, 2001).

O sistema Image Guided Implantology (IGI) foi o outro sistema citado por Buchanan (2001). Este sistema é um sistema de grande semelhança com o DentSim entretanto, é voltado para o diagnóstico, planejamento e cirurgia de instalação de implantes. No IGI, o profissional pode utilizar imagens tomográficas e radiográficas para planejar a posição ideal do implante. Ao iniciar o procedimento operatório simulado, o sistema computadorizado emite repostas sobre os detalhes técnicos e pode inclusive parar o motor elétrico caso o aluno esteja realizando as perfurações em ângulos diferentes daqueles planejados. Desta forma, o aluno precisa revisar o posicionamento tridimensional da fresa até que alcance o posicionamento nas angulações corretas. Ao atingir a meta de orientação pré-estabelecida no planejamento, o sistema permite a continuidade do procedimento (Buchanan, 2001).

Buchanan (2001) citou ainda o desenvolvimento de dois protótipos de simuladores totalmente computadorizados e hápticos, que trariam como vantagem a não necessidade de uso de manequins físicos ou mesmo dentes de plásticos ou dentes reais extraídos. Com isso, estes novos sistemas não apenas contribuiriam com a possibilidade de treinamentos sem desgastes de materiais, como estariam

solucionando questões éticas e legais do uso de órgãos humanos no treinamento pré-clínico.

Em 2002, Dawson et al. enfatizaram a importância da criação de sistemas computadorizados de condições clínicas/cirúrgicas realísticas para um treinamento profissional onde não houvesse a exposição do paciente a riscos desnecessários provenientes de um profissional com treinamento insuficiente. Nestas situações simuladas os procedimentos poderiam ser repetidos até que o profissional adquirisse grande experiência, mesmo que anteriormente à sua primeira cirurgia.

Seymour et al. (2002) foram os primeiros autores a demonstrar o valor do treinamento virtual e seu impacto positivo na performance de residentes no centro cirúrgico.

Nas últimas décadas, uma crescente preocupação com a segurança dos pacientes levou ao desenvolvimento de entidades governamentais e não governamentais de estabelecimento de protocolos de segurança, rotinas de treinamentos, desenvolvimento de simuladores virtuais de realidade clínica para treinamento de profissionais da área de saúde. Um exemplo destas entidades é a Agência de Pesquisa e Qualidade em Cuidados de Saúde (AHRQ - Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD<sup>1</sup>). Esta agência localizada nos Estados Unidos trabalha, em conjunto com o Departamento de Saúde e Serviços Humanos do mesmo país, com o objetivo de tornar os cuidados em saúde mais seguros, com melhor qualidade, mais acessível, de menor custo e equitativo.

Em 2005, Fried et al. escreveram para a (AHRQ) sobre conceitos básicos de treinamento, métodos de aprendizagem e avaliação de desenvolvimento de habilidades em novos sistemas de simulação de realidade clínica, as suas aplicabilidades e os seus resultados. Relataram que antes do uso dos simuladores, a melhora na segurança do paciente na sala cirúrgica sempre manteve seu foco no uso de equipamentos médicos de suporte avançado de vida disponíveis, medicamentos, procedimentos administrativos e equipe de apoio. Porém, raramente focava na melhora prévia da técnica e performance do cirurgião.

Os profissionais da área de saúde geralmente recebem treinamentos apenas durante o decorrer de seus cursos de formação e qualificação profissional. Estes treinamentos podem ser por vídeos clínicos, observação de cirurgias, em

---

<sup>1</sup> Agency for Healthcare Research and Quality. Advancing Excellence in Health Care. Rockville: AHRQ. [acesso 2015 abr 18]. Disponível em: <http://www.ahrq.gov/cpi/about/index.html>

manequins ou até mesmo em cadáveres. Entretanto, muitas vezes estes treinamentos não são suficientes, e nem sempre nestas situações o profissional enfrenta situações hostis de emergência como, por exemplo, uma hemorragia excessiva não esperada (Fried et al., 2005).

O treinamento de um cirurgião inclui a aquisição de uma série de características de conhecimento cognitivo, formulação de problemas e tomada de decisões. Os autores Fried et al. (2005) descreveram que talvez a parte mais complexa no treinamento crítico de um cirurgião seja o desenvolvimento de habilidades e precisão técnica, bem como do conhecimento da anatomia diretamente aplicada à prática cirúrgica. Os simuladores vêm sendo utilizados no intuito de criar um ambiente fidedigno ao ambiente cirúrgico, sem o risco inerente à qualidade de vida do paciente.

Nas últimas três décadas, os sistemas computadorizados têm demonstrado significativo sucesso no aprendizado e no desenvolvimento de habilidades cirúrgicas em diversos campos da medicina. Estes vêm sendo utilizados para capacitar os profissionais em procedimentos cirúrgicos através da repetição exaustiva em ambiente seguro.

A criação de sofisticadas salas cirúrgicas de simulação virtual tem demonstrado seu importante valor tanto no ensino, quanto no treinamento prático de equipes médicas, para recuperar pacientes de eventos graves de iminência de morte (Institute of Medicine, 2000).

Toda a equipe médica que atua em um centro cirúrgico deveria estar apta para administrar situações críticas em ambiente cirúrgico como eventos adversos durante anestesia geral, como choques anafiláticos ou hipertermias malignas. Estas situações necessitam de intervenções muito rápidas, no intuito da preservação da vida do paciente envolvido. Sendo assim, para que os profissionais estejam preparados e atuem de forma rápida e eficaz, se faz necessário um treinamento prévio com constante atualização prática e de conteúdo científico (Cicarelli et al., 2005).

Por motivos óbvios, existem limitações de treinamento para ocorrências médicas que colocam em risco a vida do paciente. Estas situações específicas podem e deveriam hoje ser treinadas em simuladores computadorizados. Cicarelli et al. (2005) investigaram o desempenho prático de residentes de Anestesiologia em eventos adversos como choque anafilático e/ou hipertermia em ambiente simulado.

Utilizaram o simulador Anesthesia Simulator Consultant (ASC) version 2.0. Este simulador possui 4 diferentes pacientes para serem anestesiados e 11 diferentes possibilidades de eventos críticos.

Nesta investigação participaram 22 médicos, sendo 11 deles do primeiro ano de especialização, 6 do segundo ano de especialização e 5 anestesilogistas instrutores do Centro de Ensino e Treinamento do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Todos os participantes passaram por um treinamento de 15 minutos no simulador para familiarização com o mesmo. Logo em seguida o participante realizava 2 anestесias gerais sendo simulados dois incidentes de alta complexidade que poderiam levar o paciente a óbito, choque anafilático e fibrilação ventricular.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre o desempenho dos participantes, mesmo comparando o Grupo dos mais experientes com os menos experientes. Por outro lado, o ambiente de simulação pode propiciar o treinamento dos profissionais em situações clínicas de rara ocorrência. Dentre os 17 alunos de especialização, até a data do treinamento simulado, apenas 1 havia presenciado um caso real de choque anafilático. Os autores concluíram que o uso do simulador pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento efetivo para situações de risco e de rara ocorrência.

O uso de simuladores está disseminado na área educacional médica. Issenberg et al. (2005) realizaram uma revisão da evidência científica da eficácia do uso destes aparatos. Utilizaram cinco bases de dados para a pesquisa (ERIC, MEDLINE, PsycINFO, Web of Science e Timelit) e 91 palavras chaves que foram cruzadas entre si. Uma busca manual também foi realizada na “*gray literature*” na tentativa de encontrar publicações de boa qualidade em periódicos não indexados.

Seiscentas e setenta revistas foram selecionadas e depois disso 4 critérios de seleção foram aplicados para a exclusão de artigos, resultando em 109 publicações, evidenciando que geralmente a qualidade das pesquisas publicadas é baixa.

A partir dessa seleção, tendo como base a melhor evidência científica, pode-se concluir que os simuladores médicos de alta fidelidade facilitam o aprendizado sob condições ideais. Em 47% dos artigos selecionados há a citação de que a resposta imediata é uma vantagem como ferramenta educacional presente nos simuladores; a prática sob grande número de repetições foi relatada como vantagem

por 39% dos artigos; 25% deles citaram a integração curricular por exercícios simulados e 14% descreveram a possibilidade de variação de nível de dificuldade como vantagens do aprendizado simulado.

O esforço cognitivo relacionado à atenção e à sequência motora necessária ao aprendizado de uma nova atividade de natureza associativa declarativa leva a atividades intensas, mais especificamente nas regiões corticais pré-frontais do cérebro. Estas áreas estão relacionadas à atenção seletiva e à produção pré-motora, motora primária e suplementar (Sacco et al., 2006).

Chou e Handa (2006), em um artigo de avaliação do uso de simuladores no ensino cirúrgico, citaram que para um simulador virtual de realidade ter aplicabilidade o sistema necessita ter validade, confiabilidade e viabilidade. A validação de um simulador está relacionada à capacidade do mesmo poder avaliar o objetivo principal pelo qual foi projetado. É dependente de testes realísticos que simulam a condição real. A validação de um simulador pode ser dividida em validade construtiva e validade preditiva.

A validade construtiva está relacionada à real capacidade do simulador poder medir o objetivo em questão. O mais importante na validade construtiva refere-se à capacidade de realmente proporcionar um ambiente similar ao que acontece no mundo real. A validade preditiva está relacionada ao quanto realmente o teste simulado pode prever a futura performance clínica.

A confiabilidade refere-se ao nível de precisão do sistema na reprodução de resultados. Isto permite a avaliação de performance. Já a viabilidade está relacionada à praticidade de uso. Ela é melhor quando demanda menos tempo, dinheiro e esforço por parte do usuário. O mais importante na viabilidade é a facilidade de uso através da utilização de equipamentos e materiais de baixo custo, permitindo a prática independente, podendo até dispensar ou diminuir a frequência de orientação por um instrutor.

Os autores citaram também que tanto os simuladores não computadorizados, por exemplo, um manequim, quanto os computadorizados, podem ser utilizados no ensino. Entretanto, uma das principais diferenças entre eles está relacionada às avaliações e às repostas de orientação e/ou de erros e acertos dados ao usuário. Nos sistemas não computadorizados, existe a necessidade contínua da presença de um instrutor junto ao aluno e está relacionado a uma avaliação técnica mais subjetiva, podendo ter mais viés e menor confiabilidade. Os



sistemas computadorizados dispensam a presença contínua de um instrutor, permitem uma avaliação precisa e livre de subjetividade. Por permitir uma avaliação imediata, os sistemas computadorizados colaboram com o auto-aprendizado.

Em 2007, Wierinck et al. investigaram a capacidade de detecção de performance de um sistema de simulador de realidade. Seis especialistas em dentística operatória, seis especialistas em periodontia e seis estudantes iniciantes de Odontologia participaram como voluntários na execução de um preparo cavitário Classe II em um pré-molar inferior esquerdo. O simulador virtual de realidade utilizado foi o sistema DentSim. O Grupo correspondente aos especialistas em Dentística Operatória foi composto por profissionais com média de idade de 48 anos e experiência clínica média de 24 anos. O Grupo composto por Periodontistas apresentou média de idade de 46 anos e experiência clínica de 23 anos. A média de idade do Grupo de Estudantes Iniciantes em Odontologia foi de 23 anos e os mesmos não possuíam nenhuma experiência prévia com preparos cavitários.

Os resultados mostraram um desempenho inicial significativamente melhor do Grupo composto por Especialistas em Dentística Operatória do que os Iniciantes. Durante a fase de treinamento este Grupo também apresentou melhores resultados do que o Grupo composto por Periodontistas. Por outro lado, os Periodontistas obtiveram melhor desempenho em relação aos iniciantes. Após um dia de treinamento todos os Grupos apresentaram similaridade de desempenho. Baseado nestes resultados, os autores afirmaram que o uso do simulador é um método válido e confiável para avaliação do nível de performance de um profissional.

A avaliação da influência do uso de um simulador experimental na curva de aprendizado de bloqueios anestésicos periféricos guiados por ultrassom foi feita por Baranauskas et al. (2008). Um modelo não computadorizado foi utilizado para tal finalidade. Os nove voluntários assistiram a um conteúdo teórico inicial e depois disso foram divididos em 3 Grupos. O Grupo 1 recebeu duas horas de treinamento no simulador não computadorizado, o Grupo 2 uma hora de treinamento no simulador e o Grupo 3 não recebeu o treinamento simulado. Após estes treinamentos os voluntários realizaram 3 tentativas para a execução da técnica no simulador. As médias de tempo de execução e de números de erros para os Grupos 1, 2 e 3 respectivamente foram: 37.63 segundos e nenhum erro; 64.4 segundos e dois erros; 93.83 segundos e 12 erros. A conclusão obtida foi que o maior tempo de

treinamento prévio no simulador permitiu a execução do teste em menor tempo e reduziu drasticamente a quantidade de erros quando comparado aos outros Grupos.

Em 2008, Kaji et al., após a Conferência de Ciência em Simulação da Academia de Emergência em Medicina, foram responsáveis em descrever como o uso de simuladores e modelos computadorizados poderia aumentar a segurança dos pacientes, melhorar o suporte médico em desastres e situações de urgência, melhorar o entendimento do trabalho em Grupo em respostas a desastres e melhorar a interação em grandes sistemas de emergência médica. Para tanto, formaram um Grupo de discussão online, alguns meses antes da Conferência, com médicos emergencistas, especialistas em simuladores, em medicina de catástrofes e em modelos computacionais. Foram lidos e discutidos 88 artigos de uma seleção inicial de 860 publicações.

Após a discussão entre 29 pesquisadores e clínicos, chegou-se ao estabelecimento de 6 questionamentos importantes sobre o uso de simuladores:

Questão 1- Quais métodos objetivos e mensuráveis podem ser utilizados para demonstrar que o treinamento em simuladores pode melhorar a segurança dos pacientes?

Questão 2- Como uma resposta informativa de erro em um simulador pode melhorar a segurança dos pacientes?

Questão 3- Como um treinamento em simulador pode ser utilizado para a identificação do risco de um desastre e aperfeiçoar a resposta ao mesmo?

Questão 4- Como a simulação pode ser utilizada para avaliar e reforçar a capacidade de intervenção rápida em um hospital?

Questão 5- Quais métodos e medidas de resultados devem ser utilizados para demonstrar que o treinamento de simulação de trabalho em equipe melhora a resposta desta em atendimento à desastres?

Questão 6- Como deveria ser a interface de um sistema de simulação?

Através da reflexão frente às estas perguntas os autores relatam que além da vantagem da segurança de treinamento sem colocação do paciente em risco, outra vantagem é que o usuário pode aprender com seus próprios erros, vendo o resultado de suas decisões e ações no simulador. O sucesso de execução de um procedimento é aumentado em função da experiência do operador. Por outro lado, a experiência vem da repetição na realização do procedimento. Quanto mais repetimos um procedimento, maiores são as chances de nos tornarmos melhores

executores deste procedimento. O uso do simulador possibilita o treinamento intenso com repetições ilimitadas. Com isso, permite ao usuário, melhorar suas aptidões para estas finalidades específicas. Os autores enfatizam também que o uso de simuladores, além de facilitar o treinamento de situações incomuns como desastres em massa, permite o aperfeiçoamento e a melhora do aprendizado através da repetição, mesmo nestas situações de ocorrência rara.

Kaji et al. (2008) enfatizaram que em ensino, além do uso de simuladores ser um eficaz método educacional, este pode apontar erros específicos, emitir repostas e orientações sobre eles e ainda identificar áreas alvos de aprendizado deficiente para serem exploradas em treinamentos futuros.

Os sistemas computadorizados de simulação virtual de realidade clínica vêm sendo utilizados como novas ferramentas complementares ao ensino e treinamento pré-clínicos em Odontologia. Em 2010, Urbankova avaliou o momento curricular mais oportuno e o tempo ideal de utilização deste tipo de treinamento. Neste estudo a autora comparou a introdução do treinamento computadorizado durante 8 horas em dois períodos diferentes do curso tradicional. Setenta e cinco alunos do primeiro ano do curso de Odontologia da Universidade de Columbia, EUA, foram divididos em dois Grupos. O primeiro deles (Grupo 1), contendo 39 alunos, foi subdividido em mais dois sendo que um deles, o Grupo 1A, com 26 alunos receberam o treinamento com o simulador computadorizado (Dentsim - Jerusalem, Israel, Image Navigation Ltd.)<sup>2</sup> antes da primeira avaliação prática da disciplina. Os outros 13 alunos, que compuseram o Grupo 1B, receberam o treinamento computadorizado após a primeira avaliação prática. O Grupo 2, com 36 alunos, recebeu apenas o treinamento tradicional.

Durante o ano letivo (de Setembro a Julho) foram realizadas três avaliações práticas (Dezembro, Março e Maio) para monitorar o desenvolvimento dos alunos, bem como as suas competências clínicas.

Os resultados mostraram que os alunos que receberam o treinamento com o simulador computadorizado apresentaram as melhores performances nas avaliações 1 e 2 ( $p=0.002$  e  $p=0.003$  respectivamente). Na avaliação 3, a média destes alunos também foi mais alta, entretanto sem diferença estatisticamente significativa. Não foram encontradas diferenças entre os dois Grupos que passaram

---

<sup>2</sup> Image Navigation. Dental Simulation with Augmented Reality Feedback. New York: Image Navigation. [acesso 2015 abr 26]. Disponível em: <http://image-navigation.com>

pelo treinamento computadorizado em diferentes momentos da disciplina. Desta forma, sugere-se que o uso do treinamento computadorizado de 8 horas, prévio à atividade pré-clínica, pode melhorar a performance dos alunos para a realização de preparos cavitários.

Suebnuarn et al. (2011) utilizaram um simulador háptico e computadorizado de realidade virtual para avaliar o aprendizado de 24 alunos de graduação em Odontologia, sem experiência prévia de acesso à câmara pulpar. O procedimento avaliado foi um acesso endodôntico em um molar superior. Inicialmente os alunos tiveram 15 minutos de orientação teórica e realizaram 2 testes iniciais com o equipamento. Após estas etapas iniciais os alunos foram avaliados no terceiro uso. Três dias depois, os voluntários fizeram suas sessões de treinamento com repostas computadorizadas de erros e performance. Uma semana depois do final da fase de testes, os alunos foram submetidos à uma nova avaliação.

Os resultados mostraram uma melhora de qualidade e redução significativa de tempo de execução do procedimento. Observou-se o refinamento na qualidade de movimentação fina da peça de mão, através da diminuição da amplitude de movimentos.

Em relação à coleta automática de dados, os autores relataram que com o uso dos sistemas computadorizados de ensino que possuam algoritmos de avaliação de procedimentos, é possível realizar avaliações precisas sem interferências subjetivas pessoais de avaliadores. Esta coleta de dados também pode ser utilizada para melhorar algoritmos futuros de uso e avaliação favorecendo o auto-aprendizado.

Em uma revisão bibliográfica sobre o uso de simuladores no aprendizado de cirurgias otológicas, Sousa et al. (2011) citaram que a metodologia do “aprender fazendo” criada por Halsted envolve as fases cognitivas, associativas e autônomas do aprendizado de forma ascendente, segundo a teoria de Fitss e Posner. A fase cognitiva corresponde à fase de familiarização com o instrumental e técnica cirúrgica, incluindo a execução em manequins, animais ou simuladores; a fase associativa está relacionada com a prática em humanos, porém ainda sob supervisão e a fase autônoma ao momento em que há um aumento progressivo da independência clínica do novo cirurgião. Pela forma clássica, esta metodologia é aplicada utilizando-se animais ou cadáveres. Entretanto, devido a limitações de quantidade de espécimes e normativas éticas atuais, este tipo de treinamento vem

passando por mudanças. O avanço tecnológico permitiu a criação de simuladores computadorizados de realidade virtual. Os simuladores vêm demonstrando grande efetividade na melhora do desempenho cognitivo do aluno, fazendo com que este chegue mais preparado para a execução técnica em pacientes reais.

Segundo Sousa et al. (2011), os simuladores são equipamentos que visam reproduzir situações próximas a alguma realidade. Eles devem ser vistos como uma técnica de ensino e aprendizado e não como uma tecnologia apenas. O aprendizado através de simuladores pode ser de caráter formativo ou somatório. O formativo é caracterizado pela emissão de repostas de avaliação do usuário, seja em determinados momentos durante a execução ou mesmo após a realização do teste, para que o mesmo possa melhorar seus conhecimentos e técnica. O caráter somatório é aquele onde o usuário necessita atingir um determinado nível de atuação para que só depois possa passar para níveis mais avançados, ou seja, como em um jogo de videogame onde o usuário necessita completar uma fase para poder avançar à outra.

Em relação à avaliação de resultados, os autores citam duas alternativas, a interna onde o próprio simulador realiza a avaliação através de um algoritmo pré-estabelecido ou a externa feita por um professor que tenha acompanhado o uso.

Apesar de serem ferramentas educacionais eficientes por proporcionar auto-aprendizado e trazer benefícios na esfera legal diminuindo problemas médico/legais decorrentes de erros cometidos durante aprendizado, o seu uso no ensino muitas vezes é limitado devido às questões financeiras, pois geralmente são equipamentos de alto custo.

Gottlieb et al. (2011) compararam as expectativas e as percepções, por parte de professores de Odontologia, no desenvolvimento das habilidades de estudantes que utilizaram ou não um Simulador Virtual de Realidade (DentSim - Jerusalem, Israel, Image Navigation Ltd.) em uma disciplina pré-clínica. Para a análise da eficácia deste equipamento no ensino, os autores utilizaram um questionário contendo 16 perguntas com valores de 1 a 10. Foram também incluídas no estudo mais três perguntas com respostas abertas envolvendo questões sobre ergonomia, performance, preparo, nível de confiabilidade e autoavaliação. As avaliações foram feitas em três momentos distintos. A primeira avaliação perceptiva foi feita no final do treinamento tradicional dos alunos que não foram submetidos ao treinamento com o Simulador Virtual de Realidade. A segunda avaliação foi

realizada ao final do treinamento do Grupo de alunos que foram treinados com a técnica tradicional associada ao simulador. A terceira avaliação foi realizada meses depois, nos dois Grupos, ao final do curso de suas disciplinas pré-clínicas.

Os professores foram também orientados a fornecer um comentário aberto e por escrito, de suas percepções sobre os pontos positivos e as fraquezas apresentadas pelos alunos ao final do curso. Outra descrição aberta foi realizada sobre como as habilidades dos alunos poderiam ser melhoradas quando os mesmos entrassem no laboratório pré-clínico.

O resultado da observação evidenciou que, por parte dos avaliadores, houve uma percepção mais favorável dos alunos que passaram pelo treinamento no simulador virtual de realidade do que aqueles não passaram. Em relação aos quatro quesitos relacionados à ergonomia, o Grupo sem treinamento no Simulador, apresentou os piores resultados em 3 dos quatro quesitos. Para o Grupo de alunos com o treinamento no simulador estes escores foram quase duas vezes maiores. Os quesitos que mais mostraram diferenças favoráveis após o treinamento sob simulação virtual de realidade foram: habilidade no uso de dedos de apoio, uso de visão indireta e posicionamento ergonômico.

Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes na percepção de maior confiança operacional e na habilidade da realização de preparos cavitários simples no Grupo que recebeu treinamento com simulador. Entretanto, os avaliadores observaram uma menor capacidade de auto-avaliação, através de instrumentos manuais, dos preparos realizados por este Grupo. Os autores relatam que a menor capacidade de auto-avaliação, especificamente através de instrumentos manuais pelo Grupo com treinamento em simulador, se deve ao fator do Simulador fornecer, durante o treinamento, orientações elaboradas, sem a necessidade do uso de um instrumento manual. Assim sendo, a auto-avaliação dos voluntários do Grupo treinado no simulador passou a ser mais visual e menos tátil à que dos voluntários do Grupo sem simulador.

Durante as atividades pré-clínicas, o Grupo com treinamento simulado demonstrou maior nível de estresse. Justifica-se o mesmo pela nova condição não usual de treinamento simulado. Este fator pode ter sido um gerador de aumento de expectativa e ansiedade, que culminou com um maior nível de estresse durante a fase operacional de treinamento e avaliação. Ressalta-se também que o estresse nos voluntários pode ter sido influenciado pela ansiedade e apreensão dos

avaliadores em relação ao impacto e eficácia do uso do simulador em seus alunos. Por outro lado, os autores citam que na fase de aprendizado inicial, os alunos podem ter um ambiente mais tranquilo de aprendizagem, com redução do estresse, devido às repostas e orientações automáticas de erros que o simulador emite. Esta condição permite o aprendizado sem que o aluno tenha que receber a orientação crítica de seus erros “face a face” com seu professor.

Como resultado da investigação, tanto os avaliadores, quanto o desenvolvimento de habilidades dos alunos, evidenciaram que o treinamento em um simulador virtual de realidade pode proporcionar vantagens clínicas quando comparado com o treinamento sem o uso do simulador.

A prática clínica da Odontologia requer um certo nível de destreza manual. Devido a isso, existe uma preocupação mundial no controle da qualidade de habilidades motoras dos alunos ingressantes. Isto visa tentar manter um nível de alunos com elevada capacidade de realização de trabalhos clínicos de qualidade.

A falta de um processo padronizado para esta finalidade levou Urbankova e Engenbretson (2011) a testar a preditibilidade de habilidades pré-clínicas operatórias através do uso de um simulador dental computadorizado. Para tanto utilizaram um simulador DentSim (Jerusalem, Israel, Image Navigation Ltd.). Os alunos do primeiro ano de Odontologia da Universidade de Columbia foram voluntários na investigação. Trinta e oito alunos formaram o Grupo 1. Estes, anteriormente ao primeiro contato pré-clínico com uma caneta de alta rotação, participaram de um treinamento no simulador durante 4 horas. Neste período o objetivo foi realizar ao menos dois preparos cavitários Classe I para amálgama em um primeiro molar inferior esquerdo. Os outros trinta e sete alunos do primeiro ano não receberam nenhum treinamento pré-clínico com simuladores e formaram o Grupo 2.

Três meses depois do treinamento em simuladores, os dois Grupos de alunos iniciaram suas atividades convencionais pré-clínicas de dentística operatória. Este treinamento consistiu de 110 horas de laboratório mais 65 horas de aulas teóricas. A proporção média de professor/aluno foi de 1:10. As duas avaliações práticas tradicionais foram realizadas respectiva e aproximadamente em 7 e 10 meses após o treinamento inicial no simulador do Grupo 1.

Dos trinta e oito alunos que compuseram o Grupo 1, dezenove (50%) não foram aprovados no teste inicial no simulador antes do início da disciplina de

Dentística Operatória. Os alunos que foram aprovados neste teste inicial também apresentaram as melhores médias na primeira avaliação tradicional da disciplina (7,34 vs. 68,3  $p < 0,0001$ ). A média dos alunos do Grupo 1 na segunda avaliação também foi maior, todavia, não foi estatisticamente diferente da do Grupo 2 (76,3 vs 74,7  $p = 0,35$ ). Os alunos do Grupo 1 aprovados no teste inicial apresentaram 30,9 vezes mais chances de passar na primeira avaliação tradicional. Desta forma, o uso do simulador foi capaz de prever o sucesso na primeira avaliação em 72% de sensibilidade e 92% de especificidade. Já para o segundo exame, realizado 10 meses depois do pré-teste, a predizibilidade foi estatisticamente fraca.

Os autores relatam que os resultados mostraram uma forte capacidade de prever dificuldades no aprendizado inicial dos alunos de Odontologia. A identificação destas dificuldades permite a implementação de medidas educacionais preventivas pelos educadores através de um trabalho individualizado, específico e mais efetivo para os alunos com maiores deficiências técnicas.

Na área de endodontia, Suebnukarn et al. (2011) avaliaram acessos à câmara pulpar utilizando um simulador háptico e modelos de dentes com microtomografia computadorizada. Quarenta alunos de graduação, que ainda não haviam tido experiência de acesso endodôntico em molares extraídos, foram divididos em dois Grupos. Um Grupo foi treinado em um simulador háptico baseado nas microtomografias e o outro Grupo recebeu o mesmo tempo de treinamento (3 dias) em dentes extraídos.

Após o treinamento inicial, os dois Grupos de alunos foram submetidos a um teste e foram mensurados a quantidade de erros de procedimentos, a quantidade de dentina removida e o tempo para realização. Os resultados mostraram que na segunda avaliação (pós-treinamento) não houve diferença significativa entre os Grupos em relação ao tempo de execução. O número de erros foi reduzido nos dois Grupos, apesar de não haver diferença na redução entre os Grupos. A quantidade de dentina removida foi menor no Grupo que passou pelo treinamento com o simulador háptico.

Os autores concluíram que os dois sistemas de treinamento possuem efeitos equivalentes na redução da quantidade de erros realizados durante o acesso à câmara pulpar de molares.

Rhienmora et al. (2011) avaliaram o impacto do uso de um simulador háptico que emite respostas de orientação técnica de treinamento para preparo de



coroas totais. Cinco estudantes de Odontologia e cinco profissionais experientes participaram como voluntários. Os resultados mostraram que o simulador é uma ferramenta eficaz para identificar o nível de experiência profissional. Além disso, os voluntários mais experientes relataram que as orientações geradas pelo sistema foram comparáveis às instruções passadas por professores.

Segundo Weller et al. (2012), os sistemas de ensino baseados em simuladores são métodos em rápido desenvolvimento e que vêm para suplementar e melhorar o aprendizado clínico de estudantes de medicina. Os autores descreveram também que os simuladores podem ter várias concepções podendo ser desde simples modelos físicos de treinamento a manequins computadorizados de corpos humanos completos. Cada um destes modelos tem a sua aplicação específica para cada tipo de treinamento e também para diferentes níveis educacionais. Consideram que para ser um treinamento efetivo, os simuladores devem estar integrados ao programa de ensino, pois as habilidades desenvolvidas nos simuladores devem ser transferidas para a prática clínica.

O comportamento visual guiado depende da visualização e discriminação de sinais (imagens) que entram através do complexo sistema da retina caminhando por circuitos corticais até o sistema nervoso central. Estes treinamentos de percepção são melhorados com a prática, por otimizar os circuitos neurais que processam cada vez mais os detalhes das imagens visualizadas. Como exemplo de aplicação, o treinamento visual repetitivo de imagens e mapas facilitou operações militares durante a Segunda Guerra Mundial; as horas de observação e análise crítica de lâminas histológicas através de microscópios podem levar à formação de excelentes histologistas. Geralmente estes limites de percepção são processados no córtex parietal (Chang et al., 2014).

Frente a alta eficácia e segurança do treinamento em simuladores, a Associação de Treinamento de Cirurgias (ASiT - Londres - Inglaterra) recomenda que os programas de simulação devem fazer parte dos treinamentos na área médica uma vez que os participantes têm obtido ganhos valiosos nas habilidades nestes treinamentos. Entretanto, ressalta que após entrevistar 1130 médicos em Palo Alto, California USA, apenas 41,6% (466) tiveram acesso a um simulador. Destes, apenas 16,3% (111) tiveram tempo considerado suficiente para um treinamento adequado. Entre os médicos que tem acesso a centros de treinamento simulados, 54% possuem simuladores em seu lugar de trabalho, 40,4% tem acesso em regiões

próximas e 5,6% têm acesso em regiões distantes de sua localidade de trabalho (Milburn et al., 2012).

Com o desenvolvimento da tecnologia de realidade virtual e videogames, no início dos anos 90, os simuladores chegaram não apenas ao ensino superior, mas também como ao ensino médio. Isto ocorreu com projetos como *Science Space*, *Safety World*, *Global Change*, *Virtual Gorilla Exhibit*, *Atom World* e *Cell Biology*. Como uma atividade comum do ensino médio, é possível citar a dissecação de um sapo para o ensino de anatomia. Com o desenvolvimento do simulador Vfrog houve a possibilidade da realização do mesmo procedimento, porém sem ferir a ética do uso de animais em treinamento. Outra vantagem do uso de simuladores como este é a repetição do procedimento por inúmeras vezes (Merchant et al., 2014).

Visando buscar evidência científica da efetividade desta metodologia de ensino tanto no ensino médio quanto no superior, Merchant et al. (2014) realizaram uma meta-análise. A partir de uma busca inicial de 7078 artigos científicos publicados após o ano de 2001, 102 deles se encaixaram nos critérios da pesquisa.

Encontraram dados importantes a serem considerados na construção de um jogo computadorizado voltado ao ensino. Entre eles, o jogo deve envolver a concepção de senso de autonomia e permitir a identificação do usuário com o mesmo além de possibilitar alta interatividade proporcionando a criação de estratégias de movimento, teste de hipóteses e solução de problemas.

A meta-análise mostrou que cada vez mais estão sendo investidos tempo e dinheiro no desenvolvimento de simuladores virtuais de realidade, tanto para o ensino médio, quanto para o superior. A aplicação destes novos sistemas muitas vezes é limitada pelo alto custo de investimento envolvido. Este custo não é apenas relativo aos jogos e aplicativos, mas também aos custos envolvidos no treinamento dos professores para uma efetiva utilização destes modelos pedagógicos.

Os autores encontraram evidências de que os ambientes computadorizados em forma de jogos levam ao dobro de efetividade comparada àquela proporcionada por sistemas constituídos apenas de mundos virtuais ou simuladores. Uma possível justificativa para este fato recai sobre o tempo de utilização, uma vez que o tempo utilizado em um simulador é geralmente menor do que o tempo utilizado praticando um jogo. Além do mais, os jogos apresentam diversos níveis de dificuldades, nos quais o usuário parte de níveis mais simples

para evoluir até os mais complexos. É sugerido que no desenvolvimento de simuladores devam-se considerar formas de aumentar o interesse do usuário, fazendo com que este, através de interesse próprio, passe mais tempo em treinamento.

A utilização da realidade virtual simulada e dos jogos se mostra extremamente eficaz na orientação e na manutenção do aprendizado dos usuários além de um curto espaço de tempo. Ambos foram efetivos também para a avaliação de alunos. Por outro lado, são mais eficazes sendo utilizados como ferramenta de avaliação, se aplicada logo após a utilização do simulador ou do jogo.

Com a meta-análise, ficou evidente que as repostas automáticas proporcionam um enorme impacto em ganhos de aprendizagem, tanto positivos quanto negativos. Portanto, torna-se fundamental saber as características e situações que fazem o sistema de repostas automáticas de erros ser mais eficaz. Quando a aprendizagem é de caráter declarativo, ou seja, que exija processos como consciência, atenção e reflexão, repostas elaboradas são mais eficazes. Isto porque os alunos necessitam de uma alta quantidade e qualidade de informação detalhada para conseguir finalizar a tarefa. Quando de natureza processual, em que a tarefa a ser executada não leva à necessidade de se focar a atenção, em que não necessite do pensamento consciente sobre o ato motor, assemelhando-se à um hábito, uma resposta de certo ou errado é o suficiente.

Como resultado final da meta-análise, Merchant et al. (2014) concluíram que a literatura apresenta inúmeras vantagens do uso da instrução baseada em realidade virtual para o aprendizado. Os resultados se mostraram encorajadores e suportam, cientificamente, que este é um meio eficaz de melhorar os resultados de aprendizagem. Ficaram evidentes também alguns requisitos técnicos que os jogos ou simuladores voltados para o ensino deveriam conter. Os autores relatam que as Instituições de ensino que investirem tempo e recursos financeiros nestas metodologias pedagógicas colherão benefícios na qualidade de aprendizado de seus alunos.

Bosse et al. (2015), em um estudo randomizado e prospectivo, investigaram a influência da repetição com repostas e orientações automáticas no treinamento de habilidades e na curva de aprendizado de estudantes de medicina. O procedimento de eleição foi a colocação de tubo nasogástrico. Esta escolha foi devida esta manobra ser de uso rotineiro na medicina hospitalar e também por este

procedimento, se não bem realizado, poder acarretar em severas complicações de saúde. Além do mais, é um treinamento que faz parte da grade curricular de alunos de graduação em medicina. O estudo foi realizado ao longo de duas semanas e meia juntamente à grade curricular da faculdade.

Cinquenta voluntários participaram do projeto. Todos deveriam ser destros para poder deixar a posição da câmera padronizada para realização de avaliações mais precisas. Os voluntários foram divididos em dois Grupos de 25 sendo que o Grupo 1 utilizou o simulador com uma alta frequência de respostas e orientações (contínua) e o Grupo 2 com uma baixa frequência (intermitente). Os dois Grupos realizaram 5 vezes o treinamento e a sexta repetição foi considerada como a avaliação pós-treinamento.

Os autores observaram significativos ganhos de aprendizado nos dois Grupos e relacionaram esse resultado à possibilidade de repetição do mesmo procedimento várias vezes e de ter uma resposta automática como orientação. Entretanto o Grupo que utilizou o simulador com repostas intermitentes apresentou um aprendizado mais consistente, talvez pelo fato de que as respostas intermitentes disponibilizam um tempo adequado para que o aluno processe a informação de forma mais efetiva e consiga colocá-la em prática.

A performance de alunos de Medicina no treinamento de anastomose coronariana com ou sem o uso de um simulador foi avaliada por Enter et al. (2015). Participaram do estudo 45 alunos de Medicina divididos em três Grupos. O Grupo 1, controle, não recebeu nenhum treinamento prévio em simuladores; o Grupo 2 passou pelo treinamento simulado, porém sem supervisão; o Grupo 3 também fez o treinamento no simulador virtual, com supervisão.

Todos os Grupos receberam um treinamento inicial que consistia de um vídeo de instrução que mostrava a realização de uma anastomose. Logo após o vídeo, os alunos realizaram o mesmo procedimento de forma laboratorial. O desempenho foi filmado e avaliado por especialistas. Nas 4 semanas seguintes, os Grupos 2 e 3 tiveram o treinamento em simulador durante 1 hora semanal. Após este período, todos realizaram novamente anastomoses laboratoriais. Os procedimentos foram filmados e depois analisados pelos mesmos especialistas. Estes não sabiam a que Grupos os voluntários pertenciam.

Os resultados mostraram que o ensino prático da parte básica de anastomose coronariana com um simulador de baixa fidelidade permitiu aos

usuários obterem melhoras em diferentes aspectos técnicos. Resultados positivos e semelhantes também foram observados quando se utilizou o simulador virtual com ou sem a orientação de um professor. Esta observação suporta que os simuladores com repostas automáticas permitem um auto-aprendizado.

Tradicionalmente, o treinamento de endoscopia gastro-intestinal é realizado no modelo tradicional de observação, onde endoscopistas experientes realizam procedimentos e instruem os aprendizes enquanto estes os observam. Após um tempo de observação, paulatinamente, o tutor vai passando para o aluno alguns passos do procedimento clínico até que este encontre-se apto a realizá-lo por completo. Esta metodologia de ensino é limitada pelo desconforto e segurança do paciente, aumenta o tempo de procedimento e diminui a eficiência da unidade de endoscopia (Walsh et al., 2012).

Em 2015, o impacto no desenvolvimento de habilidades técnicas e não técnicas do treinamento em simuladores de colonoscopia foi avaliado por Grover et al. Trinta e três alunos sem experiência em endoscopia foram divididos em 2 Grupos. Inicialmente responderam a um questionário escrito com dados como idade, gênero, experiência e natureza de uma possível experiência prévia com endoscopia. Após o questionário, o Grupo 1 passou por uma avaliação no simulador e depois recebeu um treinamento composto por 6 horas de aulas teóricas mais 8 horas de treinamento em um simulador computadorizado com a orientação individualizada de um professor.

Por sua vez, o Grupo 2 respondeu ao questionário, realizou um procedimento no simulador e então recebeu uma lista dos objetivos a serem atingidos em uma endoscopia. Sem nenhuma supervisão de professores, estes alunos realizaram 8 horas de treinamento simulado não supervisionado. Entretanto, ao final de cada simulação os participantes recebiam uma resposta automática do procedimento realizado.

Ao final deste treinamento os participantes foram submetidos à uma avaliação imediata e outra tardia, após 4 a 6 semanas. Os resultados mostraram que os alunos que usaram o simulador sem a orientação individualizada de um professor obtiveram níveis semelhantes de melhoras cognitivas, técnicas e de integração de competências específicas. Adicionalmente, o estudo evidenciou que o treinamento baseado em simuladores pode trazer melhorias de habilidades técnicas, na comunicação clínica e na autocrítica, proporcionando segurança na realização de

colonoscopia. Foi observado também que houve a retenção do aprendizado após 4 a 6 meses do treinamento.

Em uma revisão sistemática sobre a eficácia didática do uso de simuladores virtuais de realidade para cirurgia robótica assistida com o sistema Vinci Robot, Moglia et al. (2015) relataram a dificuldade de se estabelecer a real efetividade da transferência do aprendizado em simuladores para a prática em pacientes. Esta limitação se deu devido ao grande número de diferentes metodologias de treinamento e avaliação utilizadas nas diversas pesquisas.

Apesar do reconhecimento pelos educadores de que os erros operacionais têm um grande valor no treinamento na área médica, geralmente, as metodologias de ensino na área de saúde estão focadas em ensinar apenas com casos clínicos que foram corretamente realizados. É negligenciada a exposição e a discussão de como diagnosticar e manejar possíveis erros clínicos (Gardner et al., 2015). Gardner et al. (2015) estudaram se o treinamento focado no erro cometido em práticas em simuladores computadorizados de transferência de catéteres venosos, pode melhorar resultados cognitivos, retenção de aprendizado, identificação de erros e estratégias de manejo corretivo dos mesmos.

Trinta residentes de cirurgia participaram como voluntários no estudo. Os participantes foram divididos em 2 Grupos. Os dois Grupos receberam o treinamento de uma hora de duração, composto de vídeo de instrução, associado à orientação de professores com o uso de um simulador e ultrassom. A diferença entre os Grupos foi que no Grupo 1 os participantes tiveram acesso a vídeos onde a técnica foi realizada de forma correta e durante o treinamento. Caso fossem cometer algum erro, o treinamento era imediatamente interrompido por um instrutor que sem falar do erro, pedia ao aluno para voltar à etapa anterior e dar continuidade. Já os voluntários do Grupo 2 assistiram a vídeos que continham erros e outros que não continham erros. Além disso, durante o treinamento eles não eram interrompidos antes que o erro acontecesse. Eles poderiam cometer e cometeram erros. Ao cometerem um erro, o simulador emitia a seguinte mensagem: “Ótimo, você cometeu um erro! Estou contente por você tê-lo cometido agora, antes de estar com um paciente real”.

Depois de 30 dias do treinamento inicial, os voluntários passaram por uma nova avaliação de retenção de aprendizado e desenvolvimento de habilidades. Nesta nova avaliação estavam inclusos casos de alta complexidade. Os resultados

mostraram que no teste inicial, antes do treinamento, os dois Grupos obtiveram resultados semelhantes no simulador. Entretanto, no teste aplicado 30 dias mais tarde, o Grupo que treinou sob exposição de erros obteve uma performance melhor do que o Grupo que não havia sido exposto a erros (66% vs 44% respectivamente  $p<0,01$ ).

Os autores concluíram que a incorporação da discussão de erros operacionais pode ser benéfica à qualidade e à retenção do aprendizado. A pesquisa também contribuiu para a identificação de uma característica metodológica importante, o aprendizado através do erro, que pode ser aplicada aos treinamentos em simuladores virtuais de realidade.

Como já abordado, nas diversas áreas da medicina muitos simuladores estão sendo criados e seus resultados avaliados em pesquisas. Entretanto, na área específica de Odontologia, existem apenas dois trabalhos que utilizaram um Simulador Computadorizado com sistema háptico de anestesia.

O primeiro deles foi publicado em 2014 por Corrêa et al. No qual os autores testaram um protótipo computadorizado háptico de treinamento para o bloqueio anestésico do nervo alveolar inferior. Este sistema envolvia um computador e um hardware, que com braços articulados e uma ponteira que mimetizava uma seringa, reproduziam as sensações táteis e visuais de uma anestesia local. Entretanto, a imagem tridimensional do crânio apresentava apenas as estruturas ósseas, o que não correspondia com a realidade clínica, uma vez que os tecidos moles estavam ausentes.

Os autores relataram que complexidade gráfica do modelo 3D, associada ao uso do sistema háptico, gerava uma sobrecarga de processamento de dados computadorizados que tornava o sistema lento, inviabilizando o seu uso.

No mesmo ano de 2014, Poyade et al., na Conferência e Exposição da Sociedade Europeia de Realidade Virtual e de Realidade Aumentada, apresentaram uma evolução no sistema de Corrêa et al. (2014), adicionando todas as camadas de tecidos moles sobre a estrutura óssea de um crânio humano. Esta condição trouxe mais proximidade da esfera gráfica virtual com as condições clínicas reais.

Baseando-se na deficiência educacional e de treinamento pré-clínico na área de anestesia em Odontologia, os autores aperfeiçoaram o sistema visando diminuir o estresse do aluno de Odontologia. Com um maior treinamento pré-clínico

da técnica e de familiarização com a anatomia e eventuais complicações, os estudantes podem iniciar a prática clínica mais bem preparados.



### **3 PROPOSIÇÃO**

Os objetivos deste trabalho foram desenvolver e avaliar um simulador virtual não háptico de realidade, multiplataforma (MacOsX, Windows, iOS, Android e Windows Phone), de baixo custo e de fácil acessibilidade, para o ensino e treinamento da técnica tradicional de bloqueio anestésico do nervo alveolar inferior, bem como avaliar sua aceitação no ensino e no treinamento de alunos de graduação em Odontologia.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local da pesquisa**

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado nas dependências do Laboratório de Genômica e Proteômica do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, localizado na Cidade Universitária Zeferino Vaz, na cidade de Campinas - SP. A parte da pesquisa relacionada à utilização e avaliação do simulador foi realizada nas dependências da Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic, na cidade de Campinas - SP.

### **4.2 Desenvolvimento do aplicativo**

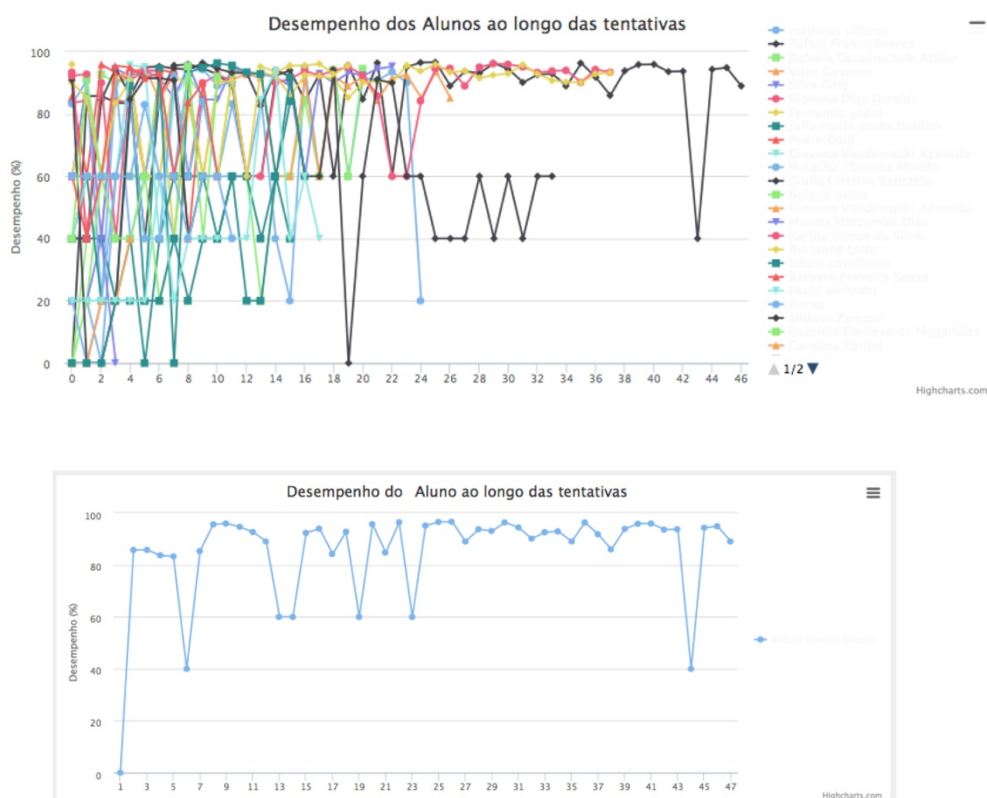
Por este trabalho envolver dois objetivos diferentes, o desenvolvimento de uma ferramenta pedagógica atual através de um Simulador Virtual Computadorizado e a aplicação inicial para avaliação de sua validade construtiva, a descrição do Material e Método foi dividido em dois tópicos. Entretanto cabe ressaltar que o objetivo principal do trabalho, foi desenvolver o simulador computadorizado de realidade virtual para o ensino, treinamento, auto-aprendizado e método de avaliação de uma técnica de anestesia local odontológica de bloqueio do nervo alveolar inferior. Como descrito por Chou e Handa (2006), a validade de um simulador está relacionada à capacidade de realmente proporcionar um ambiente similar ao que acontece no mundo real e proporcionar condições próximas à realidade.

O desenvolvimento deste aplicativo teve como conceitos básicos a facilitação de uso por qualquer pessoa, por seis características principais. A primeira de ser multiplataforma, podendo ser utilizado em diferentes sistemas operacionais como iOS, Android, MacOSX, Windows e Windows fone. A segunda foi de não necessitar de nenhum tipo de hardware específico para a técnica, podendo o usuário utilizar qualquer computador, tablet ou smartphone que já possua. Estas duas características levaram a terceira característica, uma redução considerável de custos ao usuário frente aos altos preços dos simuladores computadorizados de realidade virtual presentes no mercado atual.

A quarta característica foi a de proporcionar um ambiente virtual fidedigno às condições intrabucais de um paciente. Para tanto, baseado em fotos clínicas, tomografias e radiografias, foi trabalhado um modelo 3D com as proporções, colorações e texturas teciduais semelhantes às encontradas nos humanos. Este trabalho de computação gráfica foi realizado no Laboratório de Genômica e Proteômica do Instituto de Biologia da Unicamp. Após a modelagem virtual tridimensional realizada, foi então transferida a uma ferramenta de desenvolvimento de jogos computadorizados denominada Unity 3D para a produção do simulador.

A quinta característica trabalhada foi permitir que o aplicativo gerasse uma planilha automática de uso, locada em um servidor online no Google Docs. Esta planilha de geração automática de dados possibilitou diversas funcionalidades como criação de uma turma específica de uso, tempo de utilização, quantidade de repetição, tipo de hardware utilizado, horário de utilização, lado escolhido para a anestesia no paciente virtual, índice de acertos e erros, identificação do tipo de erro cometido, ocorrência de aspiração positiva e injeção de solução anestésica sem aspiração prévia.

Figura 1- Telas do sistema de coleta automática de dados



| n - | Duração | Lado     | Dedo      | Aspiração Positiva | Sucesso | Modo      | Distância | Total Erros | Erros  | Timestamp              |
|-----|---------|----------|-----------|--------------------|---------|-----------|-----------|-------------|--|------------------------|
| 1   | 134 s   | Direito  | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 1.68      | 5           | pouco atras<br>agulha não tocou<br>no osso<br>agulha: nao<br>acertou | 2015-11-16<br>14:27:40 |
| 2   | 39 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 1.57      | 1           | agulha:<br>anteriormen   | 2015-11-16<br>14:43:35 |
| 3   | 32 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 1.56      | 1           | agulha:<br>anteriormen   | 2015-11-16<br>14:44:24 |
| 4   | 70 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 2.45      | 1           | agulha:<br>anteriormen   | 2015-11-16<br>14:45:44 |
| 5   | 52 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 2.76      | 1           | agulha: nao<br>acertou   | 2015-11-16<br>18:17:13 |
| 6   | 52 s    | Direito  | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 3.68      | 3           | pouco acima<br>agulha não tocou<br>no osso<br>agulha: nao<br>acertou | 2015-11-16<br>18:18:17 |
| 7   | 27 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Estudo    | 1.69      | 1           | agulha:<br>anteriormen   | 2015-11-16<br>18:19:00 |
| 8   | 47 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Sim     | Estudo    | 0.66      | 0           |  | 2015-11-16<br>18:20:04 |
| 9   | 37 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Sim     | Estudo    | 0.61      | 0           |  | 2015-11-16<br>18:20:52 |
| 10  | 64 s    | Direito  | Indicador | Não                | Sim     | Estudo    | 0.8       | 0           |  | 2015-11-16<br>18:22:04 |
| 11  | 45 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Sim     | Simulação | 1.1       | 0           |  | 2015-11-16<br>18:23:01 |
| 12  | 44 s    | Direito  | Indicador | Não                | Não     | Simulação | 1.47      | 1           | agulha: alta poster  | 2015-11-16<br>18:23:54 |
| 13  | 318 s   | Direito  | Indicador | Sim                | Não     | Simulação | 2.01      | 2           | pouco acima<br>agulha:<br>anteriormen                                | 2015-11-16<br>18:29:30 |
| 14  | 35 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Não     | Simulação | 1.56      | 2           | pouco acima<br>agulha:<br>anteriormen                                | 2015-11-16<br>18:30:30 |
| 15  | 42 s    | Direito  | Indicador | Não                | Sim     | Simulação | 1.15      | 0           |  | 2015-11-16<br>18:31:21 |
| 16  | 44 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Sim     | Simulação | 0.9       | 0           |  | 2015-11-16<br>18:32:34 |
| 17  | 43 s    | Direito  | Indicador | Não                | Não     | Simulação | 2.14      | 1           | agulha: língua   | 2015-11-16<br>18:33:25 |
| 18  | 32 s    | Esquerdo | Indicador | Não                | Sim     | Estudo    | 1.08      | 0           |  | 2015-11-17<br>04:06:21 |

| Nome -                         | Device      | Tentativas | Estudo | Simulação | Acertos | Duração média | Tentativa mais recente |
|--------------------------------|-------------|------------|--------|-----------|---------|---------------|------------------------|
| Andressa Oliveira              | iPhone 5c   | 25         | 0      | 25        | 24%     | 0.88 min      | 2015-11-23 14:17:37    |
| Rafael Pinheiro Soares         | iPhone 5s   | 47         | 26     | 21        | 59.57%  | 1.09 min      | 2015-11-23 14:19:14    |
| Patricia Caroline Silva Brito  | iPad 4      | 21         | 0      | 21        | 38.1%   | 1.17 min      | 2015-11-23 14:20:52    |
| Vitor Salmont                  | iPhone 6    | 27         | 17     | 10        | 48.15%  | 1.16 min      | 2015-11-23 14:15:48    |
| Willy Gury                     | iPhone 6    | 23         | 3      | 20        | 69.57%  | 1 min         | 2015-11-23 14:15:39    |
| Christina Dias Gomes           | iPhone 5s   | 38         | 0      | 38        | 60.53%  | 0.8 min       | 2015-11-23 14:15:38    |
| Fernanda godoi                 | iPhone 6    | 38         | 3      | 35        | 68.42%  | 0.99 min      | 2015-11-23 14:16:14    |
| Juliana Maria Mendes Sander    | iPhone 5s   | 16         | 0      | 16        | 0%      | 1.09 min      | 2015-11-23 14:16:47    |
| Pietro Gull                    | iPhone 5s   | 10         | 5      | 5         | 70%     | 1.21 min      | 2015-11-20 00:44:23    |
| Geovana Vandenbergh Almeida    | iPhone 5s   | 0          | 0      | 0         | 0%      | 0 min         |                        |
| Andressa Thaisina Moreira      | iPhone 5s   | 12         | 10     | 2         | 41.67%  | 0.66 min      | 2015-11-23 14:16:01    |
| Gisela Cristina Barboza        | iPhone 5    | 34         | 1      | 33        | 41.18%  | 0.82 min      | 2015-11-23 20:04:52    |
| Isabelle Jones                 | iPhone 6    | 6          | 6      | 0         | 0%      | 1.27 min      | 2015-11-23 14:18:24    |
| Glennys Wandenbergh Almeida    | iPhone 5s   | 8          | 3      | 5         | 50%     | 1.12 min      | 2015-11-19 15:31:44    |
| Martina Marcelina Dias         | iPhone 6    | 4          | 1      | 3         | 0%      | 1.11 min      | 2015-11-20 10:43:54    |
| Karina Santos da Silva         | iPhone 5s   | 7          | 0      | 7         | 71.43%  | 1.37 min      | 2015-11-17 19:53:08    |
| Adriano Lobo                   | iPhone 6    | 20         | 1      | 19        | 60%     | 0.98 min      | 2015-11-23 14:09:41    |
| Isolina pavilhão               | iPhone 6    | 17         | 0      | 17        | 47.06%  | 0.95 min      | 2015-11-18 18:36:31    |
| Marcelo Pinheiro Soares        | iPad Air    | 1          | 0      | 1         | 0%      | 1 min         | 2015-11-16 14:43:19    |
| Paula Campos                   | iPhone 6    | 9          | 3      | 6         | 33.33%  | 1.55 min      | 2015-11-23 14:17:38    |
| Bruno                          | iPhone 5    | 12         | 6      | 6         | 8.33%   | 1.27 min      | 2015-11-23 14:23:05    |
| Milene Zampieri                | iPhone 5    | 10         | 5      | 5         | 40%     | 1.43 min      | 2015-11-23 14:26:05    |
| Odeteires Cardoso da Magalhães | iPad Air    | 11         | 8      | 3         | 27.27%  | 0.61 min      | 2015-11-20 21:43:50    |
| Carolina Zorini                | iPhone 6    | 5          | 3      | 2         | 0%      | 1.1 min       | 2015-11-23 14:11:31    |
| Yasminia Salazar               | iPhone 4S   | 1          | 0      | 1         | 0%      | 2.1 min       | 2015-11-16 15:55:54    |
| Juliana Rencoretzki            | iPhone 6    | 2          | 1      | 1         | 100%    | 1.79 min      | 2015-11-17 18:43:29    |
| Beatriz Pereira Teixeira       | iPad mini 3 | 1          | 0      | 1         | 100%    | 0.43 min      | 2015-11-19 10:52:35    |
| Isabela Vilas Boas             | iPhone 5s   | 16         | 10     | 6         | 0%      | 1.06 min      | 2015-11-23 14:10:19    |
| Andressa Brito                 | iPhone 5    | 11         | 1      | 10        | 45.45%  | 0.69 min      | 2015-11-23 14:11:25    |
| Luciana Citron                 | iPad Air    | 18         | 2      | 16        | 5.56%   | 1.02 min      | 2015-11-23 14:19:37    |
| Mariana Dias Barros            | iPhone 5    | 12         | 3      | 9         | 0%      | 0.85 min      | 2015-11-23 14:11:15    |
| Total                          |             | 462        | 118    | 344       | 42.21%  | 32.57 min     |                        |

Por meio da ferramenta de criação de turma, foi possível aos Pesquisadores criarem o seu Grupo de alunos e através de um acesso no sistema avaliar o desempenho do Grupo ou mesmo o desempenho individual de cada um dos participantes.

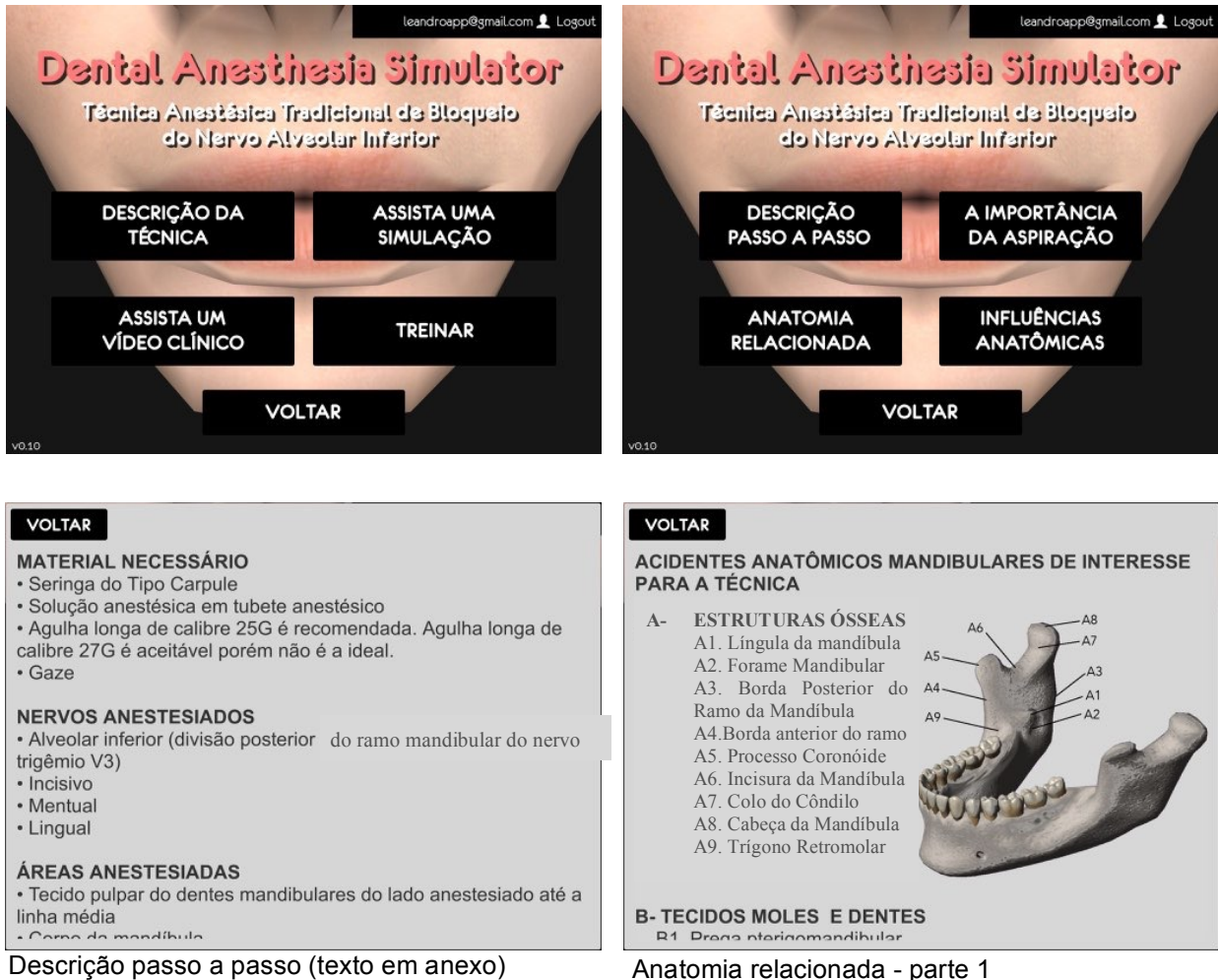
A sexta característica trabalhada foi a possibilidade do auto-aprendizado por meio de um conteúdo hipertextual do aplicativo e das repostas de erros automaticamente fornecidas pelo simulador. Para acesso a todas estas funcionalidades foram criados dois módulos de uso: o de Estudo e o de Simulação.

No modo Estudo, o aplicativo permitiu ao usuário ter acesso ao conteúdo constituído, de um texto explicativo da técnica passo a passo, descrevendo inclusive o material necessário à sua execução, nervos e áreas anestesiadas. Este texto possuía conexões com outros três textos de complemento informativo, de acesso opcional, para explicar conceitos paralelos de importância para a técnica anestésica. Os textos complementares foram constituídos de informações sobre a síncope vasopressora e sobre a importância da aspiração prévia à injeção de fármacos e sobre o significado de se encontrar resistência óssea com a agulha. Eles poderiam ser acessados por meio de um “hyperlink” dentro do texto da técnica e o usuário poderia retornar ao texto original, na posição em que estava, com apenas um toque em um botão com a função voltar.

Ainda no módulo Estudo, o usuário poderia ter acesso direto ao texto sobre a importância da aspiração e podendo acessar também imagens que ilustram e identificam os acidentes anatômicos que estão diretamente relacionados à execução da técnica. Além disso, foi criado um outro botão que levava ao acesso às informações sobre influências anatômicas que interferem na realização da técnica.

A hipertextualidade do módulo Estudo caracterizou-se por conter além dos textos, um vídeo clínico em alta resolução da realização de uma técnica *in vivo*, um vídeo da realização da técnica no ambiente simulado onde é apresentada a técnica passo a passo dentro do ambiente simulado. Além disso também exista a opção de treinar a técnica.

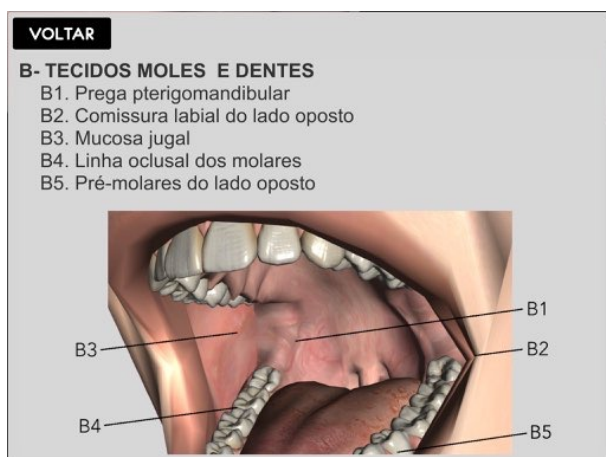
Figura 2- Telas do Modo Estudo



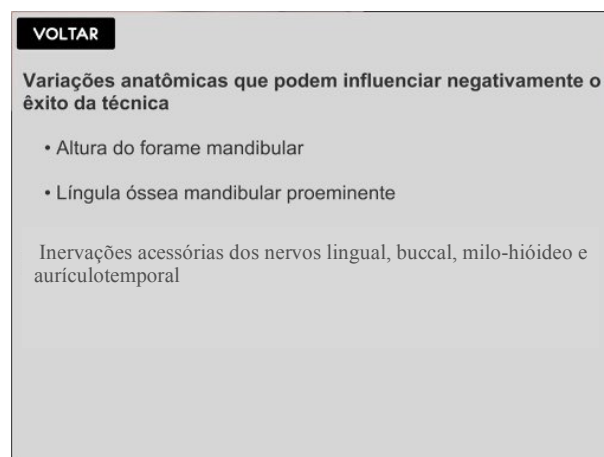
Descrição passo a passo (texto em anexo)

Anatomia relacionada - parte 1

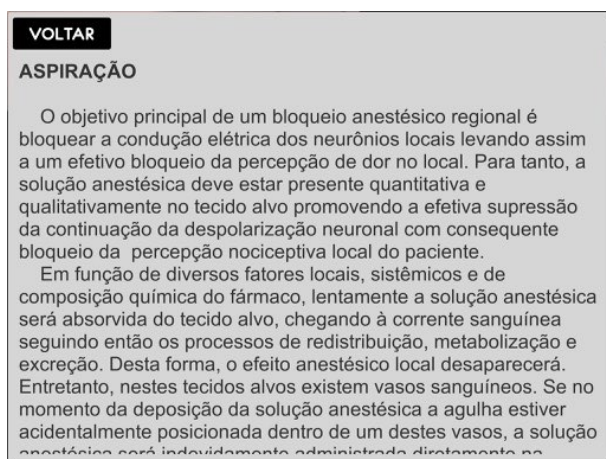




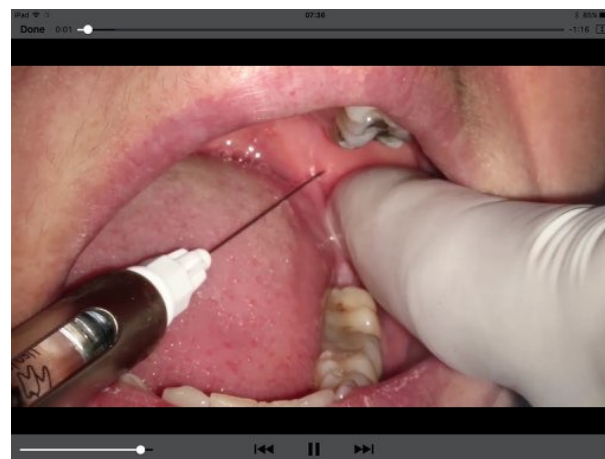
Anatomia relacionada - parte 2



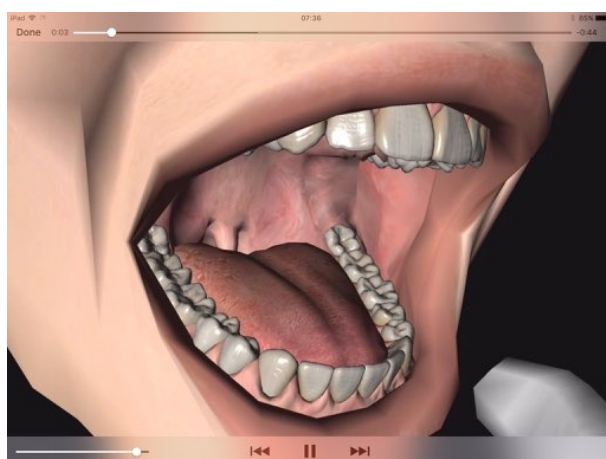
Influências anatômicas



A importância da aspiração (texto em anexo)



Vídeo clínico demonstrativo em alta resolução



Vídeo da simulação



Tela inicial "treinar do módulo estudo

O treinamento e a execução da técnica no modo Estudo diferiram-se do modo Simulação. No modo Estudo, o usuário tinha acesso à uma ferramenta que não está presente no modulo simulação que é a transparência de tecidos moles.

Esta funcionalidade foi criada para permitir ao usuário a visualização das estruturas ósseas, bem como a localização do forame mandibular, do feixe vâsculo-nervoso alveolar inferior e da área alvo da referida técnica.

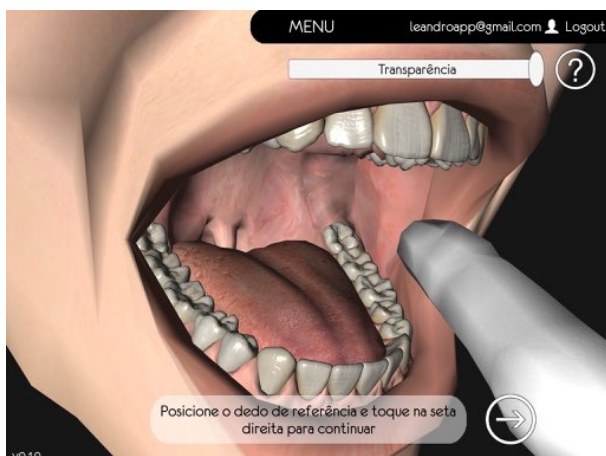
Figura 3- Telas do Modo Estudo mostrando a ferramenta transparência



Tela de escolha do dedo de referência



Observar a barra "Transparência" no modo estudo



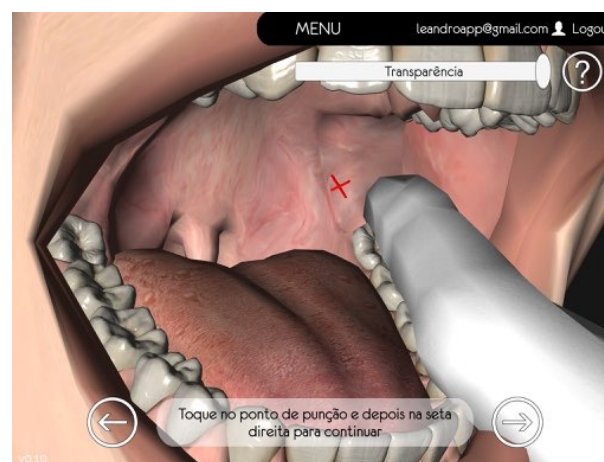
Posicionamento do dedo referência



Posicionamento do dedo referência

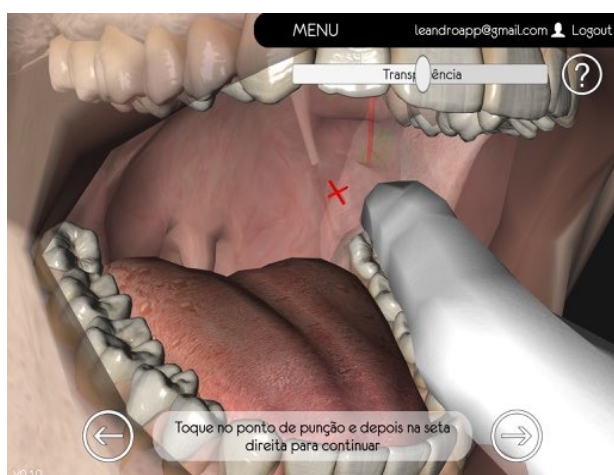


Determinando o ponto de punção

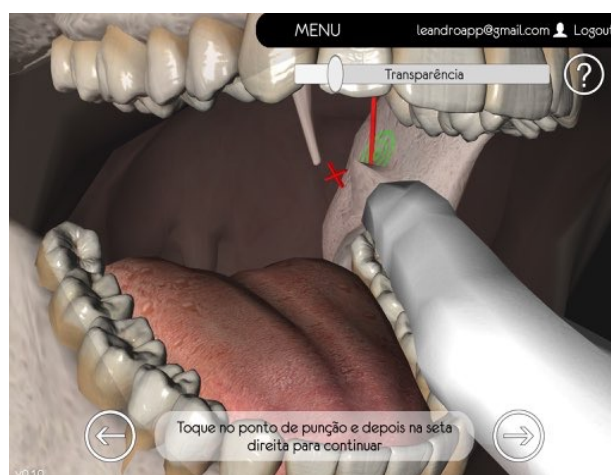


Utilizando a ferramenta zoom para visualização aproximada do ponto de punção





Utilizando a ferramenta transparência para visualização da zona alvo



Aumentando o nível de transparência para visualização da zona alvo



Reduzindo a transparência



Introduzindo a agulha até encontrar resistência óssea



Checando a posição final da agulha aumentando a transparência



Checando a posição final da agulha aumentando ainda mais a transparência



Visualização do posicionamento sem transparência



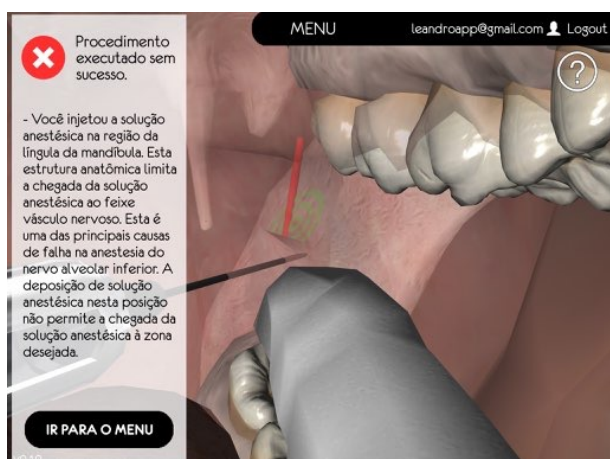
Visualização do posicionamento com transparência e em ângulo diferente



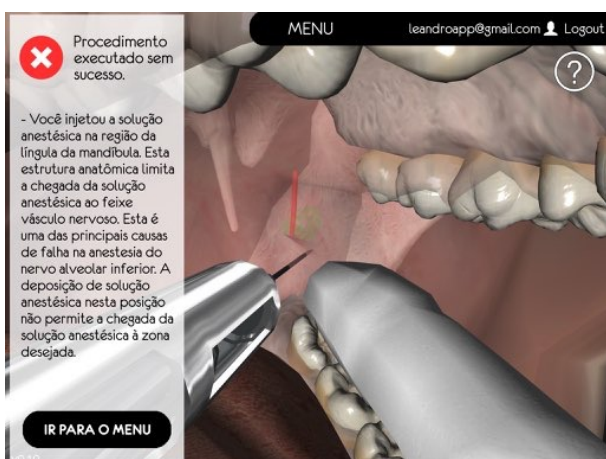
Aspirando e depois completando a anestesia com a injeção da solução anestésica



Resposta automática de acerto e detalhes técnicos



Resposta automática e imediata de erros proporcionando um auto-aprendizado



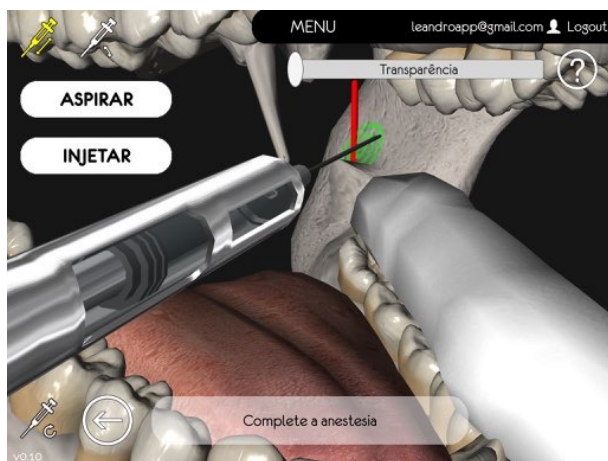
Visualização do posicionamento incorreto em outro ângulo



A área alvo foi didaticamente representada e evidenciada por um alvo na coloração verde para que não houvesse falhas interpretativas visuais entre a zona alvo e possíveis estruturas anatômicas. As diferentes camadas de tecido foram criadas para possibilitar o uso desta ferramenta de transparência. Estas diferentes camadas também possibilitaram a variação no nível de transparência de tecidos moles partindo de totalmente opaca, ou seja, sem transparência, até uma totalmente transparente.

Com o uso da ferramenta Unity 3D foram estabelecidas, bilateralmente ao paciente virtual, as regiões alvos onde a solução anestésica deve ser depositada para alcançar um bloqueio efetivo dos estímulos nervosos pela técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior. Foram determinados também os pontos de colisão da agulha com tecidos duros como, por exemplo: a estrutura óssea e dentes. Assim sendo, tornou-se impossível penetrar a agulha em tecidos duros virtuais como ossos e dentes. Ao tentar penetrar a agulha nestes locais, o usuário encontrava resistência à penetração.

Figura 4- Evidenciação da zona alvo



Visualização da zona alvo



Visualização da zona alvo com menor transparência

Outra área de importante delimitação para a referida técnica foi o feixe vâsculo-nervoso alveolar inferior. A este feixe, como é um tecido mole, permitiu-se a penetração da agulha, entretanto, quando posicionada sobre o mesmo, se acionado o botão aspirar, permitia a entrada de sangue no tubete, caracterizando a aspiração positiva e indicando que a localização da agulha está posicionada de forma à fazer uma injeção intravascular da solução anestésica. Frente a uma resposta positiva de aspiração o usuário poderia optar por reposicionar a agulha, realizar nova aspiração

para certificar-se que está fora do vaso para só então injetar a solução anestésica de forma segura e desejável.

No primeiro acesso ao aplicativo, o usuário obrigatoriamente necessitava passar por um tutorial onde ele era guiado virtualmente a executar passos básicos dentro do aplicativo (Figuras 1 e 2). Esta obrigatoriedade no primeiro acesso teve como objetivo familiarizar o usuário às funções multi-toques e às funcionalidades básicas do aplicativo como: movimentar/girar a cabeça, abrir a boca, dar zoom, posicionar o dedo, escolher o ponto de punção e mover tridimensionalmente a seringa. Este contato inicial guiado visou facilitar o uso do aplicativo. A partir do segundo acesso o usuário não era obrigado a passar pelo tutorial, entretanto esta modalidade sempre estava disponível à sua utilização caso o voluntário sentisse necessidade.

Figura 5 - Telas iniciais do aplicativo Dental Anesthesia Simulator



Tela de acesso inicial do usuário

Tela dos Modos de Uso

Figura 5 - Telas do aplicativo Dental Anesthesia Simulator no Módulo Tutorial







Figura 6 - Telas do aplicativo Dental Anesthesia Simulator no Módulo Simulação



Escolha do lado para treinamento simulado



Escolha do dedo de referência



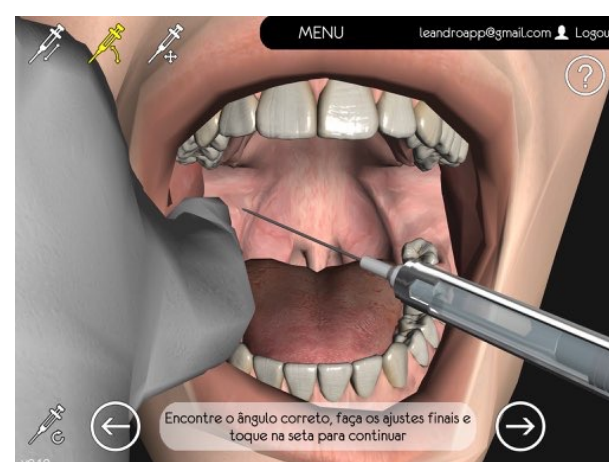
Posicionamento do dedo mais posterior possível



Determinação do ponto de punção



Posicionamento inicial da agulha



Variando o ângulo de visão para checar o posicionamento tridimensional da agulha





Variando o ângulo de visão para checar o posicionamento tridimensional da agulha



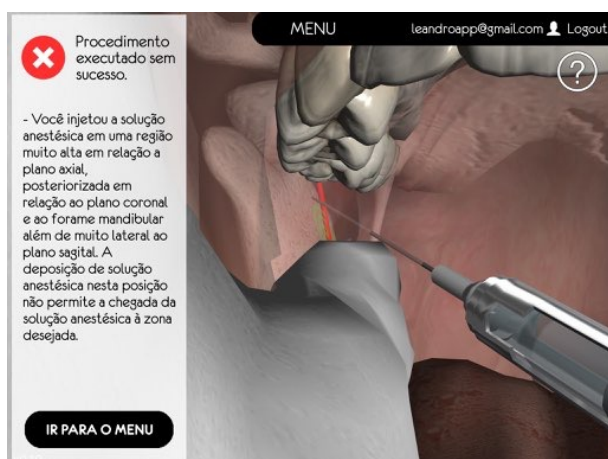
Introduzindo a agulha, aspirando e injetando a solução anestésica



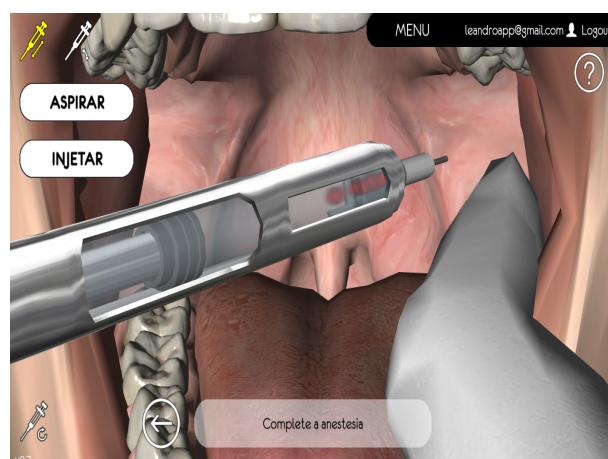
Resposta automática e imediata de erro. Visualização do posicionamento incorreto da agulha.



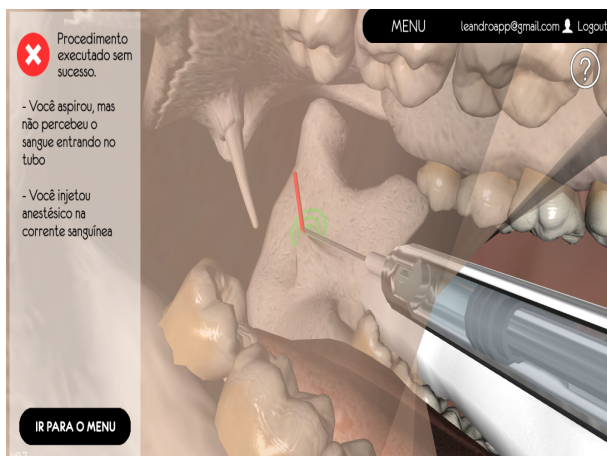
Resposta automática e imediata de erro. Visualização, em outro ângulo, do posicionamento incorreto da agulha.



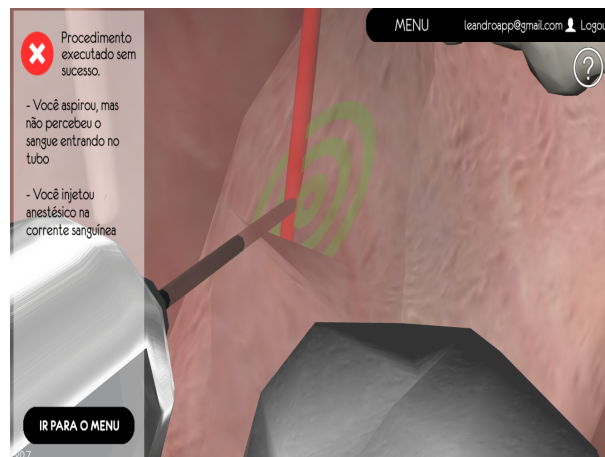
Resposta automática e imediata de erro. Visualização em outro ângulo, do posicionamento incorreto da agulha.



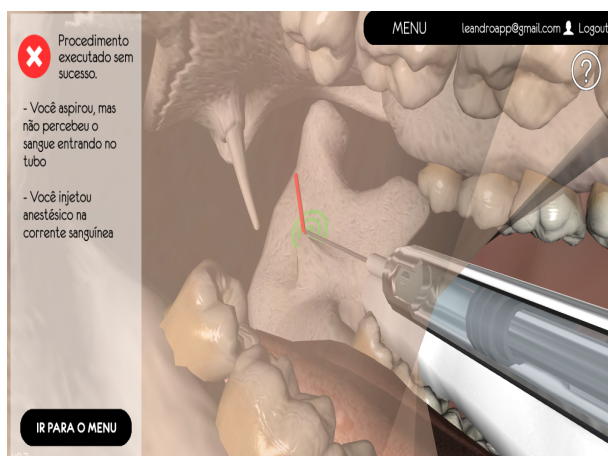
Aspiração positiva representada pela entrada de sangue no tubete anestésico.



Resposta automática e imediata de aspiração positiva e visualização da posição da agulha em relação ao feixe vâsculo-nervoso.



Resposta automática e imediata de aspiração positiva e visualização, em outro ângulo, da posição da agulha em relação ao feixe vâsculo-nervoso.



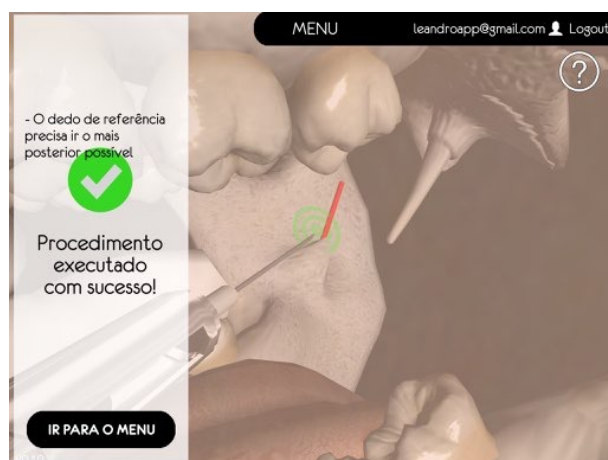
Resposta automática e imediata de aspiração positiva e visualização, em outro ângulo, da posição da agulha em relação ao feixe vâsculo-nervoso.



Resposta automática e imediata de acerto e orientações técnicas.



Resposta automática e imediata de acerto e orientações técnicas. Visualização do acerto em outro ângulo.

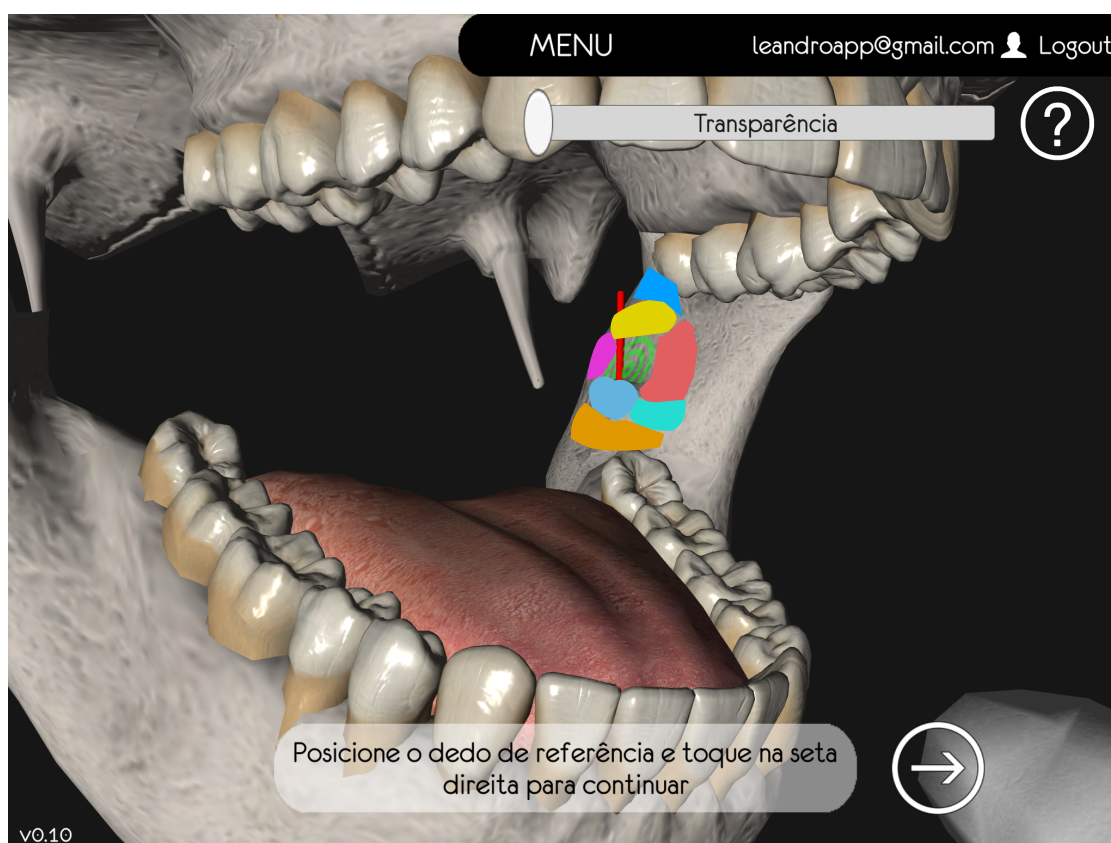


Resposta automática e imediata de acerto e orientações técnicas. Visualização do acerto em outro ângulo.



O sistema de repostas de erros e acertos automáticos foi desenvolvido por meio do mapeamento de zonas específicas codificadas com determinadas instruções ao usuário, chamadas *coliders*. Seu funcionamento correlacionava a posição da agulha com a região logo após a injeção virtual da solução anestésica. Uma vez realizada a injeção da solução, o aplicativo avaliava o posicionamento tridimensional da agulha por meio do mapeamento de zonas e emitia a resposta de sucesso ou insucesso ao usuário. O mapeamento das zonas e suas respectivas orientações podem ser vistas na Figura 7.

Figura 7 - Mapeamento das zonas e respectivas orientações para a realização da técnica



- Acima
- Alta
- Posterior
- Língua
- Baixa
- Anteriormente
- Anteriormente e baixa

As outras zonas de mapeamento foram estabelecidas como borda anterior do ramo da mandíbula e sem resistência óssea para as situações de quando a agulha não tocou em nenhuma região estabelecida como “colider” ósseo. Também foi considerada como erro de técnica a injeção sem aspiração prévia e a injeção intravascular.

As mensagens de erros foram configuradas como a seguir:

- Você injetou a solução anestésica na parte superior da borda anterior do ramo da mandíbula. A deposição de solução anestésica nesta posição não permite a chegada da solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica anteriormente e distante da região alvo. A deposição de solução anestésica nesta posição dificulta a chegada de volume adequado de solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica na língula da mandíbula. Esta estrutura anatômica limita a chegada da solução anestésica ao feixe vâsculo nervoso. Esta é uma das principais causas de falha na anestesia do nervo alveolar inferior. A deposição de solução anestésica nesta posição dificulta a chegada de volume adequado de solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica na região do trígono retromolar. A deposição de solução anestésica nesta posição não permite a chegada da solução anestésica, em volume adequado, à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica na cabeça da mandíbula. A deposição de solução anestésica nesta posição não permite a chegada da solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica em uma região muito alta em relação ao plano axial, posteriorizada em relação ao plano coronal e ao forame mandibular. A deposição de solução anestésica nesta posição dificulta a chegada de volume adequado de solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica em uma região muito baixa em relação a plano axial e ao forame mandibular. A deposição de solução anestésica nesta posição não permite a chegada da solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica em uma região muito baixa em relação ao plano axial. A deposição de solução anestésica nesta posição não permite a chegada da solução anestésica à zona desejada.

- Você injetou a solução anestésica no lado oposto ao escolhido na tela inicial.

- Você injetou a solução anestésica na língua do paciente

- Você injetou a solução anestésica na mucosa jugal do paciente

- Você não realizou a aspiração prévia à injeção da solução anestésica. (clique aqui e saiba mais sobre a importância da aspiração prévia à injeção).

- Você obteve aspiração positiva e não mudou a posição da agulha. Desta forma, realizou uma injeção intravascular acidental. Este tipo de injeção pode levar a complicações sistêmicas desde leves até à morte do paciente. (clique aqui e saiba mais sobre a importância da aspiração prévia à injeção).

- Você não realizou aspiração prévia à injeção da solução anestésica, acertou o vaso sanguíneo e fez uma injeção intravascular acidental. Este tipo de injeção pode levar a complicações sistêmicas desde graus mais leves até mesmo à morte do paciente. (clique aqui e saiba mais sobre a importância da aspiração prévia à injeção).

- Você introduziu a agulha de forma extrabucal e não depositou a solução anestésica próxima ao forame mandibular.

- Você depositou a solução anestésica no palato. Este ponto está distante do forame mandibular e sendo assim a solução anestésica não chega até a região próxima ao forame mandibular.

#### **4.3 Utilização do aplicativo**

A primeira e principal fase deste trabalho envolveu a criação e o desenvolvimento do Simulador Computadorizado de Realidade Virtual e portanto, dispensou a sua submissão ao comitê de ética. Entretanto, a segunda fase que envolveu a utilização do Simulador pelos alunos foi um estudo piloto referente a um grupo de voluntários de um projeto de pesquisa maior que irá ser realizado no ano de 2016 na Faculdade de Odontologia São Leopoldo. Este projeto de pesquisa de título AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO PARA TREINAMENTO DA TÉCNICA DO BLOQUEIO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR e coordenado pelo Professor Róbson Tetsuo Sasaki irá avaliar se o treinamento pré-clínico utilizando peças anatômicas ou o “Dental Anesthesia Simulador” trará algum benefício no aprendizado da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior. Este projeto foi

aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade São Leopoldo Mandic (Anexo 1)

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade São Leopoldo Mandic (Anexo 1) e preenchimento do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Anexo 2), vinte e três alunos do quarto período do Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic, que possuíam um smartphone ou tablet com sistema operacional iOS (Apple - Cupertino - Califórnia - USA) e que já haviam assistido à aula teórica da técnica de anestesia do nervo alveolar inferior e realizado ao menos uma vez a técnica em um colega de turma, participaram como voluntários.

Os critérios de inclusão foram: cursar o quarto período do Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic; ter assistido à aula teórica da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior pelo método pedagógico tradicional da Instituição de Ensino; ter realizado a técnica ao menos uma vez em seu colega de turma; possuir um equipamento com sistema operacional iOS; aceitar participar de forma voluntária à pesquisa; realizar 5 tentativas de anestesia imediatamente após o tutorial e realizar mais 5 tentativas de anestesia após uma semana de livre uso do aplicativo.

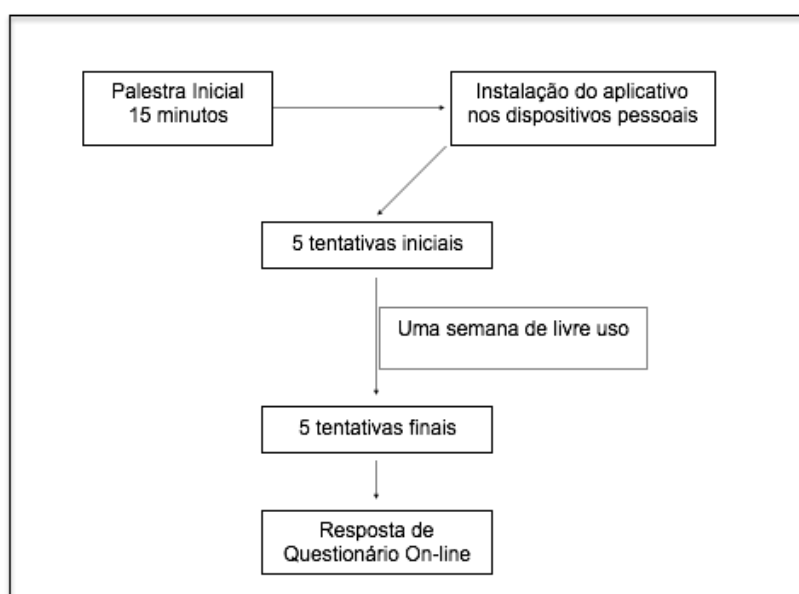
Apesar da versão final do Simulador ser Multiplataforma, ou seja, com funcionamento em diversos sistemas operacionais (iOS, Android, MacOSX, Windows e Windows Phone), durante a pesquisa foi utilizado apenas a versão em iOS porque esta foi a plataforma base para o desenvolvimento do aplicativo. Apenas depois de testado em sua versão iOS final, as versões para as outras plataformas foram finalizadas. Desta maneira foi minimizado o trabalho de realização de versões para todas as outras plataformas de um aplicativo ainda não finalizado.

Os modelos dos dispositivos móveis, pessoais dos voluntários do estudo foram iPad de segunda geração, iPhone 5 e iPhone 6. Sendo assim, foram utilizados dispositivos com três diferentes tamanhos de tela e diferentes velocidades de processamento gráfico. Entre eles, os iPhones 6 possuíam as maiores velocidades de processamento seguidos dos iPhone 5 que por sua vez eram mais rápidos para processar dados do que os iPads de segunda geração.

Após uma palestra de 15 minutos de duração para a apresentação dos objetivos da pesquisa, o aplicativo Dental Anesthesia Simulator foi instalado diretamente nos equipamentos de cada um dos voluntários. Logo após a instalação, os voluntários realizaram o primeiro acesso no sistema e automaticamente, por meio do aplicativo, foram direcionados à realização do tutorial de uso. Este tutorial teve como objetivo apresentar as funcionalidades básicas multi-toques do aplicativo, bem como familiarizar o usuário ao ambiente de realidade virtual.

Logo que realizado o tutorial, portanto ainda sem experiência de uso, os 23 voluntários realizaram 5 anestésias virtuais de bloqueio do nervo alveolar inferior pela técnica tradicional. Após estas 5 tentativas, os alunos permaneceram com o aplicativo em seus equipamentos de uso pessoal por 7 dias, podendo ter acesso livre e irrestrito para o uso em função do seu interesse pelo sistema. Após 7 dias da instalação do aplicativo, durante a aula de Terapêutica Medicamentosa, os alunos foram instruídos a realizar mais 5 anestésias virtuais. Depois disso, no mesmo dia, responderam um questionário online, através do google forms, para verificar características de uso do aplicativo por meio de 15 itens, sendo que 14 destes itens foram quantificados de acordo com a Escala Likert de 5 pontos (1 = discordo totalmente, 2 = discordo parcialmente, 3 = não concordo/não discordo, 4 = concordo parcialmente, 5 = concordo totalmente) e um item constou de uma resposta em aberto e de resposta opcional sobre a experiência pessoal com o aplicativo (Anexo 3).

Fluxograma da Sequência da Aplicação com os Alunos



Durante toda a semana de utilização do simulador, os dados de uso do aplicativo referentes ao tempo de uso, horário de uso, forma de uso (treinamento ou

simulação), aspiração positiva, número de tentativas, índice de sucesso, tipos de erros, lado direito ou esquerdo, dedo referência (polegar ou indicador) e distância do forame mandibular foram automaticamente armazenados em um banco de dados nas nuvens para posterior avaliação da evolução dos alunos.

A análise estatística dos dados coletados foram tabulados em Excel para posterior utilização dos softwares: SPSS V17, Minitab 16 e Excel Office 2010 para aplicação dos testes estatísticos. Foi adotado um nível de significância de 5%. A caracterização da distribuição da frequência relativa das repostas do questionário foi feita através do teste de Igualdade de Duas Proporções e os percentuais foram calculados para o total de 21 voluntários uma vez que 2 dos 23 voluntários iniciais não responderam o questionário. O mesmo teste foi utilizado para caracterizar a distribuição de frequência relativa das variáveis quantitativas que automaticamente foram coletadas pelo aplicativo. A correlação entre as variáveis de sucesso, aspiração positiva, tempo de execução e números de tentativas por voluntário foi avaliada pelo teste de Correlação de Pearson.

O teste de ANOVA foi utilizado para comparar o índice de sucesso entre os diferentes tipos de aparelho e também de variáveis como distância e tempo de execução. Foram consideradas todas as tentativas de todos os voluntários. O teste de Comparação Múltipla de Tukey foi aplicado para comparar todos os equipamentos aos pares e determinar com precisão, entre quais ocorreu a diferença média do tempo de execução.

## 5 RESULTADOS

Dos 23 voluntários que utilizaram o simulador, 21 (91,3%) responderam o questionário de avaliação de uso com respostas baseadas na Escala de Likert de 5 pontos. Entretanto, no momento da realização dos testes estatísticos, devido ao número de voluntários (n=21), a escala foi reduzida para 3 pontos sendo os dois valores mais altos agrupados em um único valor. Os dois valores mais baixos também foram submetidos ao mesmo padrão de agrupamento, permanecendo o valor intermediário, como neutro, sem alteração. Desta forma os 3 pontos estabelecidos foram: concordo, neutro e discordo. Para análise estatística da distribuição da frequência relativa (percentuais) das respostas do questionário de avaliação e uso do aplicativo foi utilizado o teste de Igualdade de duas proporções e os percentuais foram calculados para o total de 21 voluntários.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados relativos à avaliação da questão: “O simulador corresponde à realidade clínica”. A resposta mais recorrente foi “Concordo” com 95,2%, sendo estatisticamente significativa em comparação aos demais percentuais.

Tabela 1 - Distribuição das respostas para “O simulador corresponde à realidade clínica”

| O simulador corresponde à realidade clínica | N  | %     | P-valor |
|---|----|-------|---------|
| Discordo                                    | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Concordo                                    | 20 | 95,2% |         |

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se respectivamente os resultados relativos à avaliação da questão: “O material suplementar de textos trouxe o suporte teórico suficiente” e “O material suplementar de vídeo clínico melhorou o aprendizado da técnica”. A resposta mais recorrente para os dois questionamentos foi “Concordo” com 90,4%, sendo estatisticamente significativa em comparação aos demais percentuais

Tabela 2 - Distribuição das respostas para “O material suplementar de textos trouxe o suporte teórico suficiente”

| O material suplementar de textos trouxe o suporte teórico suficiente | N  | %     | P-valor |
|--|----|-------|---------|
| Discordo   | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Neutro   | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Concordo   | 19 | 90,4% | Ref.    |

Tabela 3 - Distribuição das respostas para “O material suplementar de vídeo clínico melhorou o aprendizado da técnica”

| O material suplementar de vídeo clínico melhorou o aprendizado da técnica | N  | %     | P-valor |
|---|----|-------|---------|
| Discordo  | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Neutro  | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Concordo  | 19 | 90,4% | Ref.    |

Nas variáveis com apenas dois níveis de resposta, o valor de “p” foi diretamente estabelecido da comparação dos mesmos, como realizado na distribuição de “As respostas de erros ao final da técnica trouxeram maior entendimento dos meus erros” (Tabela 4). Para esta questão 95,2% dos voluntários responderam “Concordo”, sendo este um percentual estatisticamente significativo (p-valor <0,001).

Tabela 4 - Distribuição das respostas para “As respostas de erros ao final da técnica trouxeram maior entendimento dos meus erros”

| As respostas de erros ao final da técnica trouxeram maior entendimento dos meus erros | N  | %     | P-valor |
|---|----|-------|---------|
| Discordo  | 1  | 4,8%  | <0,001  |
| Concordo  | 20 | 95,2% |         |

Na tabela 5, encontram-se os dados relativos às respostas para “Sinto que não precisarei de supervisão de um professor na próxima vez que eu for realizar um bloqueio do nervo alveolar inferior em um paciente”



Tabela 5 - Distribuição das respostas para “Sinto que não precisarei de supervisão de um professor na próxima vez que eu for realizar um bloqueio do nervo alveolar inferior em um paciente”

| <b>Sinto que não precisarei de supervisão de um professor na próxima vez que eu for realizar um bloqueio do nervo alveolar inferior em um paciente</b> | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b> |
|--|----------|----------|----------------|
| Discordo   | 6        | 28,6%    | <b>0,005</b>   |
| Concordo   | 15       | 71,4%    |                |

Algumas questões do questionário final não puderam ser estatisticamente avaliadas, pois 100% das respostas foram as mesmas. Estas podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Questões que não puderam ser analisadas por terem 100% das respostas iguais

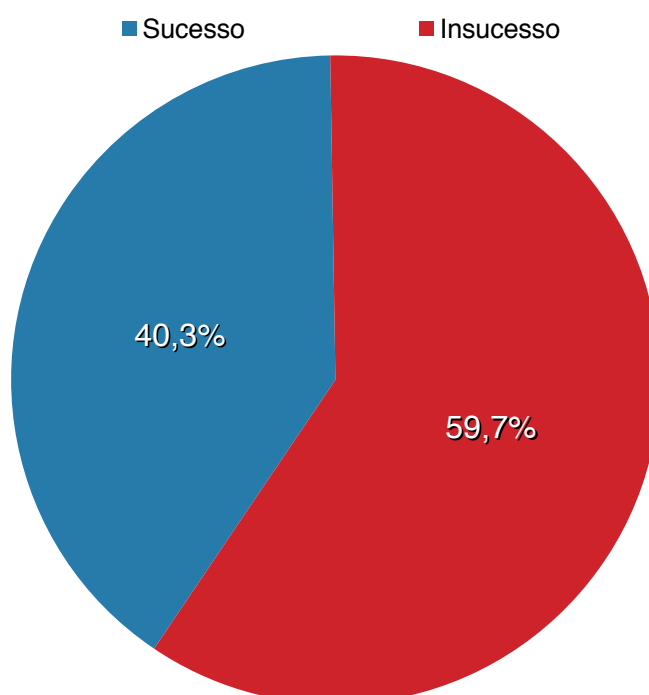
| <b>Questões</b>   | <b>N</b> | <b>%</b> |
|---|----------|----------|
| O uso do simulador é de fácil uso   | 21       | 100%     |
| O modo estudo (que inclui a transparência dos tecidos moles) ajudou no aprendizado do ponto de punção e inclinação tridimensional da agulha | 21       | 100%     |
| O aplicativo trouxe mais segurança para a realização da técnica em pacientes  | 21       | 100%     |
| A possibilidade de enxergar os erros cometidos trouxe maior entendimento da técnica   | 21       | 100%     |
| O simulador é uma metodologia eficaz para o treinamento e aprendizagem de anestesia local em Odontologia                                    | 21       | 100%     |
| Eu recomendaria este treinamento à outros alunos e colegas  | 21       | 100%     |
| Eu gostaria de realizar o treinamento de outras técnicas anestésicas  | 21       | 100%     |
| Eu gostaria de realizar o treinamento em simulador em outras disciplinas  | 21       | 100%     |
| O uso do aplicativo aumentou a minha segurança na clínica   | 21       | 100%     |

Tabela 7 - Análise descritiva das variáveis quantitativas que foram sumarizadas após uma semana de uso do simulador “Dental Anesthesia Simulator”.

| Descritiva    | Índice de Sucesso | Tempo Total de Utilização (s) | Qtde Tentativas |
|---------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|
| Média         | 40,3%             | 1.196                         | 19,6            |
| Mediana       | 41,7%             | 1.048                         | 16,0            |
| Desvio Padrão | 22,9%             | 629                           | 10,7            |
| CV            | 57%               | 53%                           | 54%             |
| Q1            | 25,6%             | 782                           | 11,5            |
| Q3            | 60,0%             | 1.427                         | 24,0            |
| Min           | 0,0%              | 402                           | 10,0            |
| Max           | 70,0%             | 3.060                         | 47,0            |
| N             | 23                | 23                            | 23              |
| IC            | 9,4%              | 257                           | 4,4             |

O Coeficiente de Variação (CV) maior de 50% para todas as variáveis quantitativas mostra a alta variabilidade da amostra.

Gráfico 1 – Distribuição da média do índice de sucesso considerando todas as tentativas de todos os voluntários.

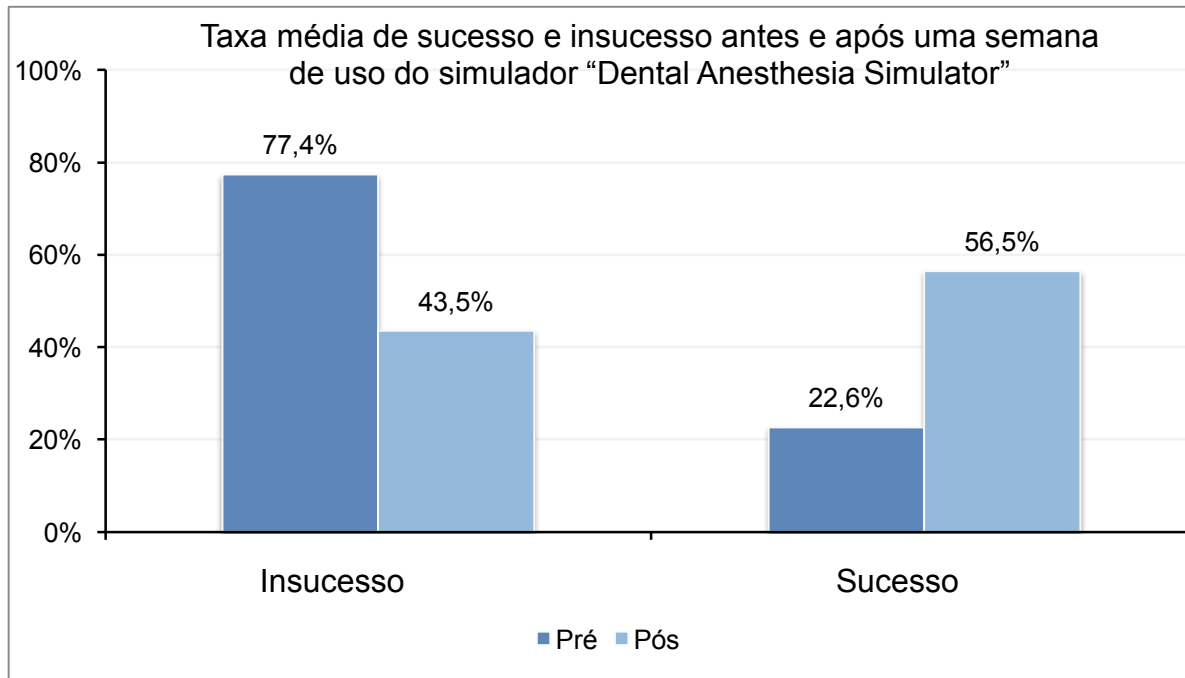


Foram comparados, através do teste de Igualdade de Duas Proporções, o índice de sucesso nas 5 primeiras tentativas de uso que correspondeu ao momento inicial de uso no simulador (Pré) com as 5 últimas tentativas que caracterizaram o teste final após uma semana de livre uso (Pós). Na tabela 8 encontram-se estes dados.

Tabela 8 – Taxa média de sucesso e insucesso antes e após uma semana de uso do simulador “Dental Anesthesia Simulator”

| Sucesso | Pré |       | Pós |       | P-valor |
|---------|-----|-------|-----|-------|---------|
|         | N   | %     | N   | %     |         |
| Não     | 89  | 77,4% | 50  | 43,5% | <0,001  |
| Sim     | 26  | 22,6% | 65  | 56,5% |         |

Gráfico 2 - Taxa média de sucesso e insucesso antes (Pré) e após uma semana de uso (Pós) do simulador “Dental Anesthesia Simulator”



Concluí-se que existe diferença estatisticamente significativa na taxa de sucesso e insucesso antes e após uma semana de uso do simulador. Nota-se que o percentual de sucesso subiu de 22,6% para 56,5% e que consequentemente o percentual de insucesso caiu de 77,4% para 43,5%.

A Tabela mostra a distribuição dos “Modos” de utilização do “Dental Anesthesia Simulator” após uma semana de uso pelos voluntários do estudo.

Tabela 9 - Distribuição para o tipo de “Modo” utilizado pelos voluntários após uma semana de uso do “Dental Anesthesia Simulator”.

| <b>Modo</b> | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b>   |
|-------------|----------|----------|------------------|
| Estudo      | 108      | 24,5%    | <b>&lt;0,001</b> |
| Simulação   | 333      | 75,5%    |                  |
| Total       | 441      |          |                  |

Foram avaliadas as taxas de sucesso quando utilizados os dois módulos de uso disponibilizados aos usuários (Estudo e Simulação). Estes dados encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Taxas de Sucesso obtidas pelos voluntários nos dois modos de uso disponibilizados, Estudo e Simulação

|           | <b>Estudo</b> |          | <b>Simulação</b> |          | <b>Total</b> |          |
|-----------|---------------|----------|------------------|----------|--------------|----------|
|           | <b>N</b>      | <b>%</b> | <b>N</b>         | <b>%</b> | <b>N</b>     | <b>%</b> |
| Insucesso | 68            | 63%      | 180              | 54%      | 248          | 56%      |
| Sucesso   | 40            | 37%      | 153              | 46%      | 193          | 44%      |
| Total     | 108           | 24%      | 333              | 76%      | 441          | 100%     |

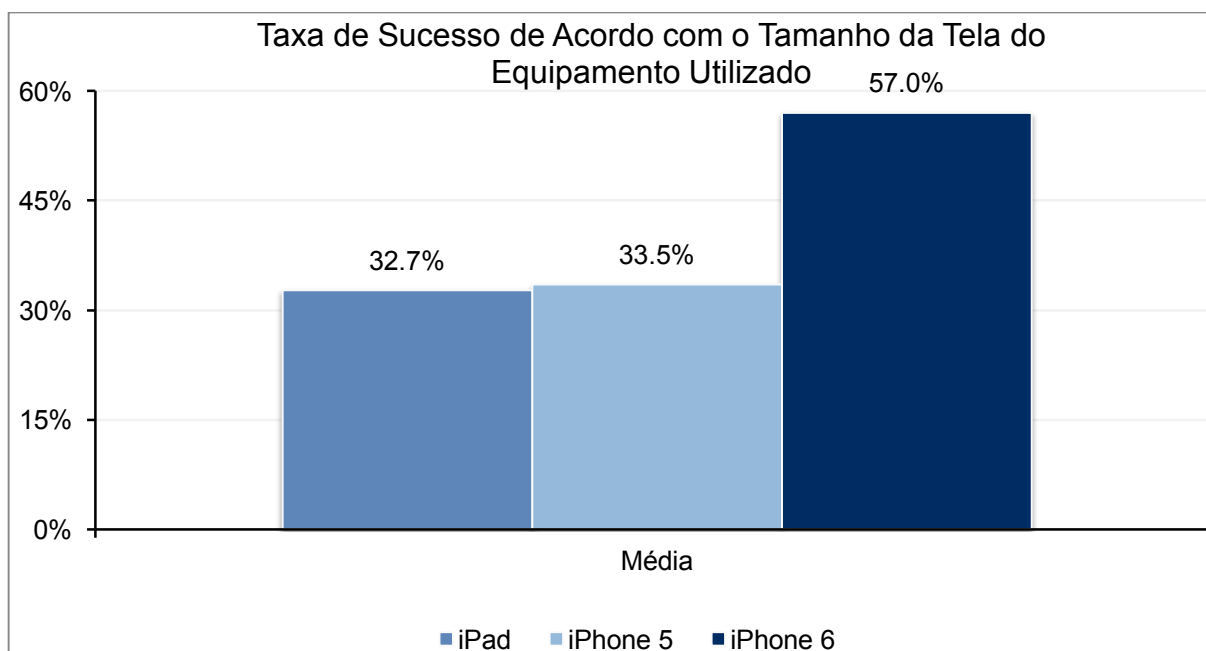
Os dispositivos móveis computadorizados utilizados pelos voluntários foram os dispositivos pessoais dos mesmos. Após a semana de uso do aplicativo e de coleta automática de dados, foi realizada uma divisão do grupo amostral frente aos modelos de dispositivos móveis utilizados. Todavia a baixa prevalência de alguns aparelhos quando dividida a amostra total por modelo de aparelho (iPhone 5, iPhone 5s, iPhone 6, iPad), levou à necessidade de um reagrupamento levando-se em consideração o tamanho da tela dos dispositivos. Desta forma obteve-se três grupos de dispositivos: iPhone 5, iPhone 5s, iPhone 6. O teste de ANOVA foi

utilizado para comparar a média do índice de sucesso entre os tipos de aparelhos agrupados pelo tamanho de tela. Na Tabela 11 os resultados obtidos podem ser observados.

Tabela 11 – Taxa de sucesso da Técnica de Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior com uso do Simulador “Dental Anesthesia Simulator” de acordo com o tamanho da tela dos aparelhos utilizados.

| Sucesso       | iPad  | iPhone 5 | iPhone 6 |
|---------------|-------|----------|----------|
| Média         | 32,7% | 33,5%    | 57,0%    |
| Mediana       | 32,7% | 36,0%    | 60,0%    |
| Desvio Padrão | 7,7%  | 25,1%    | 13,1%    |
| N             | 2     | 14       | 5        |
| IC            | 10,6% | 13,2%    | 11,5%    |
| P-valor       | 0,147 |          |          |

Gráfico 3 - Taxa de sucesso da Técnica de Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior com uso do Simulador “Dental Anesthesia Simulator” de acordo com o tamanho da tela dos aparelhos utilizados.



Os resultados comparando o índice de sucesso com os aparelhos agrupados por diferentes tamanhos de tela mostraram não haver diferença média estatisticamente significativa entre eles ( $p=0,147$ ).

Seguindo o mesmo agrupamento de aparelhos, foram avaliadas possíveis diferenças entre eles para o tempo de execução da técnica bem como para a distância alcançada do centro do alvo. Os resultados podem ser visualizados nas Tabelas 12, 13, 14

Tabela 12 - Tempo de Execução da Técnica com o Dental Anesthesia Simulator de acordo com o tipo de aparelho utilizado

| Tempo de Execução (segundos) | Equipamento |          |          |
|------------------------------|-------------|----------|----------|
|                              | iPad        | iPhone 5 | iPhone 6 |
| Média                        | 58,8        | 58,9     | 62,8     |
| Mediana                      | 50,0        | 49,0     | 51,0     |
| Desvio Padrão                | 33,3        | 37,3     | 38,8     |
| CV                           | 57%         | 63%      | 62%      |
| Min                          | 19,0        | 18,0     | 20,0     |
| Max                          | 153,0       | 318,0    | 209,0    |
| N                            | 32          | 274      | 108      |
| IC                           | 11,5        | 4,4      | 7,3      |
| P-valor                      | 0,649       |          |          |

Tabela 13: Compara a Média de Distância do alvo em relação ao tamanho de tela do Equipamento utilizado

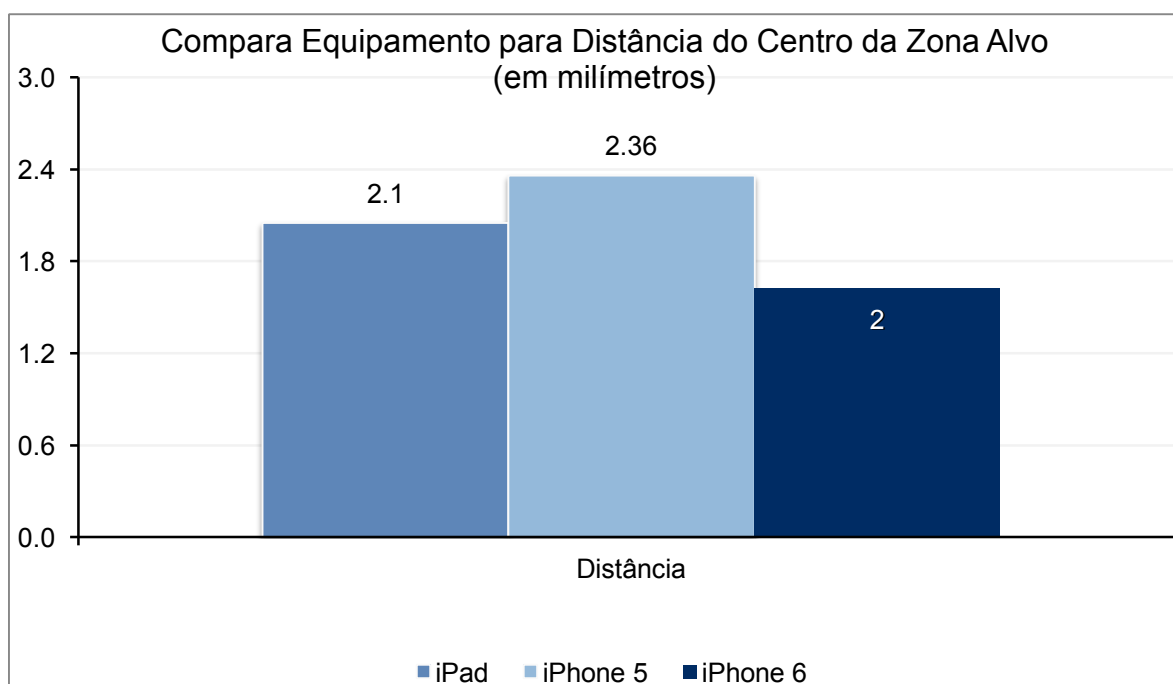
| Distância (mm) | Equipamento |          |          |
|----------------|-------------|----------|----------|
|                | iPad        | iPhone 5 | iPhone 6 |
| Média          | 2,05        | 2,36     | 1,62     |
| Mediana        | 1,88        | 1,89     | 1,33     |
| Desvio Padrão  | 1,03        | 1,59     | 1,04     |
| CV             | 50%         | 67%      | 64%      |
| Min            | 0,70        | 0,51     | 0,55     |
| Max            | 5,17        | 7,04     | 5,95     |
| N              | 32          | 274      | 108      |
| IC             | 0,36        | 0,19     | 0,20     |
| P-valor        | <0,001      |          |          |

Tabela 14 - P-valores da tabela 13

|          | iPad  | iPhone 5 |
|----------|-------|----------|
| iPhone 5 | 0,477 |          |
| iPhone 6 | 0,297 | <0,001   |

Ao analisar as Tabelas 12, 13 e 14, observa-se que não existe diferença média do tempo de execução entre os equipamentos. Entretanto, existe diferença dos equipamentos para a média da distância. Neste caso foi necessário utilizar a Comparação Múltipla de Tukey para comparar todos os equipamentos aos pares e determinar com precisão entre quais ocorreu a diferença (Tabela 14). A diferença foi verificada entre iPhone 5 com média de 2,36 mm de distância e iPhone 6 com média de 1,62mm (p-valor <0,001).

Gráfico 5 - Compara a Média de Distância do alvo em relação ao tipo de Equipamento utilizado



Com a utilização do teste de Correlação de Pearson foram medidas as possíveis relações entre o tempo de execução, o número de tentativas com a ocorrência de aspiração positiva. O grau de correlação entre as variáveis por voluntários foi realizado através do relacionamento de:

- Aspiração Positiva: percentual de casos de aspiração positiva dividido pela quantidade de tentativas

- Tempo de execução: soma do tempo de todas as tentativas de cada voluntário

A Tabela 12 mostra os resultados da correlação destas variáveis quantitativas.

Tabela 12 - Correlação entre aspiração positiva, tempo de execução e número de tentativas após utilização do Simulador “Dental Anesthesia Simulator”

|                    |          | <b>Aspiração Positiva</b> | <b>Tempo de Execução</b> |
|--------------------|----------|---------------------------|--------------------------|
| Aspiração Positiva | Corr (r) |                           |                          |
|                    | P-valor  |                           |                          |
| Tempo de Execução  | Corr (r) | 58,8%                     |                          |
|                    | P-valor  | 0,003                     |                          |
| Tentativas         | Corr (r) | 73,8%                     | 93,6%                    |
|                    | P-valor  | <0,001                    | <0,001                   |

Verifica-se a existência de correlação significativa do índice de aspiração positiva e tempo de execução no valor de 58,8%. Esse valor por ser positivo mostra que quanto maior o tempo de execução, maior o índice de aspiração positiva e vice-versa.

Também foi encontrada correlação do número de tentativas com o índice de aspiração positiva (73,8%) e também tempo de execução (93,6%). Os valores sendo positivos indicam que quanto maior o numero de tentativas, maior será o índice de aspiração positiva e também o tempo de execução.

O teste de Igualdade de Duas Proporções foi utilizado para caracterizar a distribuição da frequência relativa (percentuais) de “Aspiração Positiva”, “Dedo Utilizado como Referência”, “Lado de Realização da Técnica” e “Tipo de Erro”. Estes resultados estão respectivamente dispostos nas Tabelas 14, 15, 16 e 17. Considerou-se todas as tentativas de todos os voluntários. Os percentuais foram calculados sempre para os totais expressos em cada tabela.



Tabela 14 - Distribuição de “Aspiração Positiva” após uma semana de uso do “Dental Anesthesia Simulator” pelos voluntários do estudo.

| <b>Aspiração Positiva</b> | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b> |
|---------------------------|----------|----------|----------------|
| Não                       | 440      | 97,6%    | <0,001         |
| Sim                       | 11       | 2,4%     |                |
| Total                     | 451      |          |                |

Tabela 15 - Distribuição do tipo de “Dedo” utilizado como referência após uma semana de uso do “Dental Anesthesia Simulator” pelos voluntários do estudo.

| <b>Dedo</b> | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b> |
|-------------|----------|----------|----------------|
| Indicador   | 301      | 66,7%    | <0,001         |
| Polegar     | 150      | 33,3%    |                |
| Total       | 451      |          |                |

Tabela 16 - Distribuição de “Lado de Realização da Técnica” após uma semana de uso do “Dental Anesthesia Simulator” pelos voluntários do estudo.

| <b>Lado</b> | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b> |
|-------------|----------|----------|----------------|
| Direito     | 222      | 49,2%    | 0,641          |
| Esquerdo    | 229      | 50,8%    |                |
| Total       | 451      |          |                |

Tabela 17 – A Tabela 19 mostra a distribuição de “Tipo de Erro” cometido pelos voluntários após uma semana de uso do Simulador “Dental Anesthesia Simulator”.

| <b>Tipo de Erro</b>                 | <b>N</b> | <b>%</b> | <b>P-valor</b> |
|-------------------------------------|----------|----------|----------------|
| Atrás e acima                       | 87       | 34,5%    | Ref.           |
| Sem resistência óssea               | 65       | 25,8%    | 0,033          |
| Anteriormente                       | 59       | 23,4%    | 0,006          |
| Língua                              | 19       | 7,5%     | <0,001         |
| Atrás                               | 4        | 1,6%     | <0,001         |
| Acima                               | 3        | 1,2%     | <0,001         |
| Baixa                               | 3        | 1,2%     | <0,001         |
| Não aspirou                         | 3        | 1,2%     | <0,001         |
| Não aspirou / injeção intravascular | 3        | 1,2%     | <0,001         |

|                                     |     |      |        |
|-------------------------------------|-----|------|--------|
| Alta e posterior                    | 2   | 0,8% | <0,001 |
| Borda anterior do ramo da mandíbula | 1   | 0,8% | <0,001 |
| Alta                                | 1   | 0,4% | <0,001 |
| Atrás e baixa                       | 1   | 0,4% | <0,001 |
| Total                               | 252 |      |        |

Através da análise destes dados concluí-se que apenas na escolha do Lado de Realização da Técnica não houve significância estatística. A Aspiração Positiva foi de baixa incidência, sendo que ela ocorreu em apenas 2,4% das 451 tentativas realizadas ( $p < 0,001$ ). O Modo de uso mais utilizado pelos voluntários foi o Simulação com 75,5% contra apenas 24,5% do Modo Estudo ( $p < 0,001$ ). O dedo de referência de preferência dos usuários foi o dedo indicador com 66,7% das vezes contra 33,3% da utilização do polegar ( $p < 0,001$ ).

Os três erros mais comuns cometidos pelos voluntários foram “atrás e acima” com 34,5%, seguido de “sem resistência óssea” e “anteriormente” com respectivamente 25,8% e 24,4%.

## 6 DISCUSSÃO

O desenvolvimento deste projeto, desde a sua concepção até a sua validação construtiva levou aproximadamente 4 anos. O longo tempo de desenvolvimento foi relacionado a vários aspectos de dificuldades técnicas de execução. Primeiramente foi criado um modelo virtual orgânico 3D com texturas, proporções, colorações, iluminação e movimentos fluidos e fidedignos ao ambiente intrabucal clínico.

O segundo aspecto foi a criação de um ambiente amigável ao usuário e de uso intuitivo. Este processo foi iniciado com o desenvolvimento de uma versão para o uso em desktops ou laptops. Entretanto, o resultado não foi satisfatório, pois o sistema não era capaz de trazer a interatividade esperada. Além do mais, os múltiplos movimentos relacionados à rotação da cabeça do paciente e do conjunto seringa/agulha dependiam do uso integrado do mouse ou touch pad com diferentes teclas. Esta característica não permitia o uso fácil e intuitivo do sistema até mesmo para os seus desenvolvedores. Foi a partir da primeira versão para tablet que o sistema se tornou de fácil uso especialmente devido à possibilidade de uso das funções multitoques características desta classe de equipamentos.

Estabelecido o modelo de hardware mais viável para a sua utilização vieram as dificuldades técnicas de computação para conseguir movimentos suaves e reais em um modelo orgânico computadorizado 3D. Junto a isso, foi necessário definir as diferentes áreas e camadas teciduais e correlacioná-las às dos chamados “coliders”, que são áreas e planos virtuais de colisão. O estabelecimento de diferentes camadas de “coliders” se fazia necessária para evitar a penetração, por exemplo, da agulha em estruturas rígidas como dentes e ossos; evitar a penetração dos dedos de referência nos tecidos moles e duros, entre outros. Concomitante a esse processo eram necessários os testes de verificação de eficácia dos coliders através da repetição de uso com as mais diversas e inesperadas interações de ângulos e movimentos entre a cabeça, o conjunto seringa/agulha e os dedos de referência.

Paralelamente a estas questões técnicas computacionais, grande tempo foi dedicado à elaboração e testes de diversas metodologias pedagógicas de apresentação do conteúdo hipertextual relacionados às possibilidades de interatividade do usuário com o aplicativo. A criação de um sistema de coleta, análise e armazenamento de dados em um servidor virtual (Google) também foi necessária.

Apenas após este processo inicial de desenvolvimento é que foi possível realizar a validação construtiva do Simulador pela avaliação da utilização do mesmo por voluntários não envolvidos em seu processo criativo.

Associado à coleta automática de dados, foi desenvolvido uma outra funcionalidade do simulador que é a realização de provas de avaliação de desempenho e retenção de aprendizado. Esta ferramenta trabalha coletando automaticamente cada ação do usuário arquivando-as em um banco de dados virtual. Avaliando-se os resultados destes dados coletados durante o período de tempo determinado como prova no ambiente simulado, é possível identificar individualmente as deficiências de aprendizado de cada usuário e direcionar uma orientação pessoal direta, quando necessária.

Entretanto, durante estas fases de desenvolvimento novas idéias surgiram e o sistema já possui duas inovações tecnológicas que brevemente estarão disponíveis para uso. Elas incluem o uso de realidade aumentada e a utilização de diversos óculos 3D de baixo custo como, por exemplo, o “Cardboard”, um óculos de papelão desenvolvido pela Google. Estes novos sistemas irão permitir a visualização tridimensional do modelo 3D e a interação com o mesmo sem a necessidade de tocar na tela do dispositivo móvel. A expectativa é que estas inovações possam aproximar ainda mais o modelo virtual computadorizado desenvolvido da realidade clínica.

A perspectiva de uso futuro do aplicativo desenvolvido inclui a sua utilização como ferramenta didática da Área de Anestesiologia da Faculdade de Odontologia São Leopoldo Mandic a partir do ano letivo de 2016. A partir do mês de fevereiro de 2016, o aplicativo “Dental Anesthesia Simulator” estará disponível para download nas lojas virtuais Apple Store e Google Play. Este será disponibilizado

com outras técnicas de anestesia local odontológica como infiltrativa, bloqueio do nervo alveolar superior posterior, infra-orbitária, mentual, Gow-Gates e Akinosi-Vazirani em três idiomas (Português, Inglês e Espanhol).

O uso de simuladores virtuais computadorizados de alta fidelidade permite um melhor entendimento anatômico (Issenberg et al., 2005), familiarização com a técnica e repetições ilimitadas. Desta forma, estes têm se mostrado como ferramentas pedagógicas eficazes para a melhora cognitiva de seus usuários em um ambiente ético e livre de riscos aos pacientes. (Chopra et al., 1994; Dawson, 2002; Seymour et al., 2002; Fried et al., 2005; Issenberg et al., 2005; Cicarelli et al., 2005; Chou e Handa 2006; Gottlieb et al., 2011; Urbankova e Engenbretson, 2011; Chang et al., 2014; Merchant et al., 2014; Poyade et al., 2014; Bosse et al., 2015; Enter et al., 2015; Grover et al., 2015).

A utilização do Simulador Dental Anesthesia Simulator permitiu uma média de repetição da técnica consideravelmente acima do número de repetições do modelo tradicional de ensino aluno em aluno. Após uma semana de uso, o índice de sucesso da técnica em ambiente simulado aumentou significativamente. Isto pode ter influenciado positivamente no desenvolvimento cognitivo dos usuários. A fase cognitiva é a primeira fase de aprendizado de uma determinada atividade de característica psicomotora. Ela é caracterizada por inconsistentes níveis de performance uma vez que o iniciante ainda tenta compreender o objetivo final da tarefa proposta. Este desenvolvimento cognitivo inicial dos usuários pode ter sido um importante fator para justificar a grande variabilidade de alguns dados obtidos através da coleta automática de dados de performance feita pelo Simulador.

Uma das partes mais complexas e fundamentais no processo de aprendizagem é aplicar o conhecimento de anatomia à prática clínica/cirúrgica (Fried et al., 2005). Como a dificuldade técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior está relacionada à maior complexidade anatômica mandibular, esta foi a técnica escolhida para o desenvolvimento deste trabalho. Para auxiliar a aplicação dos conhecimentos anatômicos e a visualização da influência da variação do posicionamento tridimensional do conjunto seringa/agulha em relação à zona alvo foi criado o Modo Estudo do simulador Dental Anesthesia Simulator. Nele, o usuário

pode explorar estas características através do conteúdo hipertextual composto da transparência, vídeos, textos e imagens das estruturas anatômicas.

A validade construtiva (Chou e Handa 2006) deste simulador foi alcançada pelo desenvolvimento gráfico do modelo orgânico 3D dentro de proporções, texturas e colorações naturais, das estruturas. A sua aplicação como auxiliar do treinamento e do aprendizado da anatomia relacionada à técnica foi avaliada positivamente pela análise das respostas de algumas perguntas (1, 2, 9) do questionário de experiência de uso respondidas pelos voluntários. Entretanto, o Grupo de voluntários desta pesquisa foi exclusivamente composto por membros pertencentes à geração denominada de "Nativos Digitais" caracterizada pela familiaridade com ambientes hipertextuais (Prensky, 2001a; Prensky, 2001b; Günther, 2007; Cortella, 2014; de Wet e Yelland, 2015). Este fator pode ter influenciado na aprovação de uso, bem como no ganho cognitivo dos voluntários através do uso do sistema computadorizado de realidade virtual desenvolvido. Outras pesquisas com diferentes gerações populacionais são necessárias para estabelecer estas possíveis correlações.

Os resultados obtidos também mostraram que o tamanho da tela dos dispositivos móveis utilizados não interferiu na validação, confiabilidade e a viabilidade do simulador uma vez que, com exceção de uma proximidade maior do centro do alvo pelos usuários não produziram desempenhos estatisticamente diferentes. Por outro lado, a velocidade de processamento de dados de uma placa de vídeo pode influenciar no bom desempenho de um simulador computadorizado de realidade virtual (Sousa et al., 2011). No atual trabalho 3 equipamentos com diferentes velocidades de processamento gráfico foram utilizados e não foram encontradas diferenças de sucesso entre eles.

Apesar de ser um método de ensino efetivo (Chopra et al., 1994; Dawson, 2002; Seymour et al., 2002; Fried et al., 2005; Issenberg et al., 2005; Chou e Handa, 2006; Gottlieb et al., 2011; Urbankova e Engenbretson, 2011; Chang et al., 2014; Merchant et al., 2014; Poyade et al., 2014; Bosse et al., 2015; Cicarelli et al., 2015; Enter et al., 2015; Grover et al., 2015), o uso de simuladores muitas vezes é limitado devido à dificuldade de acesso (Milburn et al., 2012) e à necessidade de hardwares específicos (Sousa et al., 2011). Entretanto, o fator mais relevante na viabilidade

(Chou e Handa, 2006) de um simulador é o elevado custo dos sistemas presentes no mercado (Chou e Handa, 2006; Sousa et al., 2011; Merchant et al., 2014). Para facilitar a acessibilidade mundial ao presente simulador, seu desenvolvimento envolveu a criação de um aplicativo multilíngue de baixo custo. Algumas diretrizes foram estabelecidas para isso. Entre eles, a criação de um sistema que dispensasse a necessidade da aquisição de um hardware específico para seu uso. Isto levou ao desenvolvimento de um sistema multiplataforma, ou seja, com funcionamento nos principais sistemas operacionais de computação (MacOsX, Windows, Android, iOS e Windows Phone) para uso em Desktops, Laptops, Tablets e Smartphones. A outra diretriz foi torná-lo disponível nas duas maiores lojas virtuais de aplicativos, a Apple Store e a Google Play.

A capacidade humana de processamento de informações é limitada (Franconeri et al., 2013). Estima-se que a quantidade de informações científicas na área de saúde dobre a cada 6 anos e a constante atualização profissional é necessária. Esta é benéfica à sociedade por reduzir o número de erros médicos (Ellis, 1995). Entretanto, a geração de nativos digitais, que já frequenta as Universidades, possui um processamento de informações diferente e não se adequa ao sistema tradicional de ensino, levando à necessidade da criação de novas metodologias educacionais (Prensky, 2001a; Prensky, 2001b).

Um ambiente hipertextual (Cortella, 2014; Prensky, 2001a; Prensky, 2001b) e não sequencial (Prensky, 2011a) de ensino, composto por mecanismos digitais que levem à reflexão (Prensky, 2011a) se mostra eficaz para as gerações nativas digitais (Prensky, 2001a; Prensky, 2001b; Joiner et al., 2013; Cortella, 2014; de Wet e Yelland, 2015). Entretanto, este deve conter estratégias efetivas e organizadas de ensino. Isto é de relevante importância na eficácia do aprendizado (Bogacz et al., 2010). Assim como proposto no modelo Halstediano de residência médica (DeGrandpre, 2006), para não dividir a atenção do aluno e acarretar em uma taxa maior de erros de aprendizado, com consequente redução de qualidade do processo de ensino, deve-se utilizar a apresentação sequencial e de dificuldade gradativa das informações relevantes ao processo educacional (Bogacz et al., 2010; Vidal et al., 2015). Por outro lado, concomitantemente à exposição individual de cada informação relevante, podem ser apresentados outros tópicos de menor relevância sem que haja alterações negativas no processo de aprendizado (Vidal et al., 2015).

O mecanismo de apresentação de informações aos usuários do Dental Anesthesia Simulator foi desenvolvido seguindo estes critérios de aleatoriedade de acesso a informações, hipertextualidade através de modelo 3D interativo, vídeos e textos, além da apresentação individualizada e gradativa de informações relevantes. A única condição de não aleatoriedade se deu na obrigatoriedade da realização de um tutorial de uso apenas no primeiro acesso dos voluntários. Esta condição foi estabelecida como obrigatória para que os usuários se familiarizassem com todos os comandos disponíveis no aplicativo. Porém, o tutorial de uso seguiu as mesmas diretrizes de exposição de uma informação significativa por vez.

Uma característica desejável em um simulador é a sua capacidade háptica. Esta pode simular respostas tácteis realísticas de resistência à penetração, desgastes ou cortes de tecidos. Entretanto, para esta finalidade se faz necessária a utilização de sofisticados hardwares (Buchanan, 2001; Rhienmora et al., 2011; Suebnukarn et al., 2011; Corrêa et al., 2014, Poyade et al., 2014). Devido aos conceitos de redução de custos ao usuário, facilitação de acesso e uso do Simulador hora desenvolvido em dispositivos computadorizados de uso comum do dia a dia da população, não foi possível acrescentar a característica háptica ao mesmo. Esta é uma desvantagem deste simulador em relação ao simulador criado por Corrêa et al. (2014). Este último, por sua vez, não apresenta a validade construtiva do Dental Anesthesia Simulator. No intuito de compensar a falta da capacidade háptica do Simulador desenvolvido, foram criados movimentos involuntários da língua no momento da punção da mucosa e no momento em que se encontra resistência óssea. Outra característica adotada foi a impossibilidade de penetração da agulha em tecidos duros como dentes e ossos.

Outra vantagem do uso dos Simuladores é a possibilidade da realização de coletas automáticas de dados de uso (Wierinck et al., 2007; Urbankova, 2010; Gottlieb et al., 2011; Rhienmora et al., 2011; Suebnukarn et al., 2011; Urbankova e Engenbretson, 2011). Posteriormente estes dados podem ser utilizados para realizar avaliações não subjetivas de desempenho dos usuários (Wierinck et al., 2007; Urbankova, 2010; Gottlieb et al., 2011; Rhienmora et al., 2011; Suebnukarn et al., 2011; Urbankova e Engenbretson, 2011) e melhorar algoritmos de funcionamento do software (Suebnukarn et al., 2011). O Dental Anesthesia Simulator também permite a coleta automática e análise de dados. Estes ficam armazenados no servidor on-line do Google docs e pode ser acessado através do acesso a este sistema.



A análise automática destes dados avalia o desempenho do usuário e a eles pode fornecer respostas automáticas de erros após o término do procedimento. Esta, apesar de elevar o custo de um simulador (Sousa et al., 2011), é uma ferramenta fundamental, pois além de poder emitir orientações compatíveis às passadas por um professor (Rhienmora et al., 2011), é responsável por proporcionar ao usuário um auto aprendizado efetivo (Kaji et al., 2008; Urbankova, 2010; Rhienmora et al., 2011; Sousa et al., 2011; Suebnikarn et al., 2011; Merchant et al., 2014; Bosse et al., 2015; Enter et al., 2015; Grover et al., 2015). Por outro lado, Gottlieb et al. (2011) sugeriram que as repostas automáticas de erros no treinamento de preparos cavitários, diminuiu a capacidade de auto-avaliação de preparos através do uso de instrumentos manuais. Apesar disso, os mesmos autores observaram que as respostas automáticas proporcionaram ao usuário um ambiente mais tranquilo de aprendizagem, reduzindo o estresse de ser avaliado “face a face” por um professor.

A análise de performance com a coleta automática de dados pode também permitir a identificação de possíveis deficiências nos simuladores virtuais computadorizados (Suebnukarn et al., 2011). Assim sendo, medidas corretivas podem ser realizadas nos algoritmos dos softwares melhorando a sua validade construtiva e a sua confiabilidade. Após a utilização do “Dental Anesthesia Simulator” pelos voluntários, foi encontrada uma taxa de aspiração positiva de apenas 2,4% (11 em 451 anestésias virtuais). Entretanto, no dia a dia clínico, a taxa de aspiração positiva para esta técnica difere da encontrada neste ambiente virtual. No ambiente clínico a taxa de aspiração positiva varia entre 15% a 20% (Malamed, 2013). Isto mostrou uma deficiência técnica do aplicativo e levou à necessidade de correções na modelagem tridimensional do feixe vaso-nervoso com o aumento da largura e da espessura do mesmo.

Para a aprendizagem de natureza associativa processual, respostas de certo ou errado são suficientes. Já para a de natureza declarativa, respostas elaboradas são necessárias pois envolvem o desenvolvimento de consciência, atenção, reflexão pelo processamento de uma grande quantidade e qualidade de informação detalhada (Merchant et al., 2014). Entretanto a quantidade de repostas pode influenciar na qualidade do auto aprendizado. Uma frequência contínua delas

pode reduzir a eficácia do método, pois não permite ao usuário tempo suficiente de assimilação das orientações (Bosse et al., 2015).

Por se tratar de um treinamento de natureza associativa declarativa, o modelo de repostas automáticas adotado neste Simulador foi o formativo (Sousa et al., 2011), com avaliação de acerto ou erro e informações detalhadas dos motivos que levaram ao erro. Para não desviar a atenção do operador e atrapalhar a execução técnica, a frequência de emissão de respostas foi única, apenas na conclusão da anestesia virtual. Isto permitiu aos usuários melhorarem seus conhecimentos e técnica para uma nova execução. A sua eficácia no entendimento dos erros cometidos e no auto-aprendizado foi considerada satisfatória pelos grupos de voluntários estudados. Este dado pode ser observado pelo questionário de avaliação de uso do aplicativo.

Entre os diversos fatores de insucesso da técnica clássica de bloqueio mandibular, encontra-se a influência da língua mandibular que pode funcionar como uma barreira física, impedindo a chegada da ponta da agulha e da solução anestésica às proximidades do forame mandibular (Keros et al., 2001; Meechan, 2002). A análise dos tipos de erros cometidos pelos usuários do Dental Anesthesia Simulator correspondeu com os erros do dia a dia clínico e vieram corroborar com a validade construtiva e confiabilidade do sistema.

Moglia et al. (2015) relataram a dificuldade de se estabelecer a real efetividade da transferência do aprendizado em simuladores para a prática em pacientes devido às diferentes metodologias aplicadas a diferentes simuladores. Este projeto além de criar e desenvolver o Simulador Computadorizado, envolveu a sua validação através do desenvolvimento de um ambiente virtual similar às condições reais intrabucais e de um estudo piloto de aceitação do método pedagógico por alunos do quarto semestre do Curso de Graduação em Odontologia. Entretanto, o projeto não contemplou a avaliação da transferência do treinamento simulado para a clínica. Isto será parte dos futuros projetos de pesquisas envolvendo o Dental Anesthesia Simulator.

## 7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do simulador “Dental Anesthesia Simulator” procurou seguir todas as diretrizes envolvidas na hipertextualidade da Pedagogia atual. A sua validade construtiva, confiabilidade e viabilidade foram aprovadas após o seu desenvolvimento gráfico e a sua utilização e avaliação por alunos de Graduação de Odontologia. O simulador se mostrou uma promissora ferramenta complementar de ensino e treinamento em anestesia local odontológica. Todavia, pela parte relativa à sua aplicação no ensino se tratar de um estudo piloto da implementação da técnica pedagógica em um curso regular de Graduação em Odontologia e por não contemplar a avaliação da transferência do treinamento simulado para a clínica, não foi possível correlacionar o maior índice de sucesso pós treinamento com o melhor desempenho anestésico clínico dos voluntários. Pesquisas adicionais necessitam ser realizadas para se estabelecer a relação do seu uso pré-clínico no dia a dia clínico.

## REFERÊNCIAS<sup>3</sup>

- Baranauskas MB, Margarido CB, Panossian C, Silva ED, Campanella MA, Kimachi PP. Simulation of ultrasound-guided peripheral nerve block: learning curve of CET-SMA/HSL Anesthesiology residents. *Rev Bras Anesthesiol*. 2008 Mar-Apr;58(2):106-11.
- Benjamin LT. A History of Teaching Machines. *Am Psychol*. 1988 Sep;43(9):703-12.
- Blanton PL, Jeske AH. Misconceptions involving dental local anesthesia. Part 1: Anatomy. *Tex Dent J*. 2002 Apr;19(4):296-300.
- Bogacz R, Wagenmakers EJ, Forstmann BU, Nieuwenhuis S. The neural basis of the speed-accuracy tradeoff. *Trends Neurosci*. 2010 Jan;33(1):10-6. doi: 10.1016/j.tins.2009.09.002.
- Bosse HM, Mohr J, Buss B, Krautter M, Weyrich P, Herzog W et al. The benefit of repetitive skills training and frequency of expert feedback in the early acquisition of procedural skills. *BMC Med Educ*. 2015 Feb 19;15:22.
- Brand HS, Kuin D, Baart JA. A survey of local anaesthesia education in European dental schools. *Eur J Dent Educ*. 2008 May;12(2):85-8. Doi: 10.1111/j.1600-0579.2008.00505.x.
- Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ*. 2001 Nov;65(11):1225-31.
- Budenz AW. Local anesthetics in dentistry: then and now. *J Calif Dent Assoc*. 2003 May;31(5):388-96.
- Chang DH, Mevorach C, Kourtzi Z, Welchman AE. Training transfers the limits on perception from parietal to ventral cortex. *Curr Biol*. 2014 Oct 20;24(20):2445-50. doi: 10.1016/j.cub.2014.08.058.
- Chopra V, Gesink BJ, de Jong J, Bovill JG, Spierdijk J, Brand R. Does training on an anaesthesia simulator lead to improvement in performance? *Br J Anaesth*. 1994 Sept;73(3):293-7.
- Chou B, Handa VL. Simulators and virtual reality in surgical education. *Obstet Gynecol Clin North Am*. 2006 Jun;33(2):283-96, viii-ix.

---

<sup>3</sup> De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

- Cicarelli DD, Coelho RB, Benseñor FE, Vieira JE. [Importance of critical events training for anesthesiology residents: experience with computer simulator.]. *Rev Bras Anesthesiol*. 2005 Apr;55(2):151-7. Portuguese.
- Cicarelli DD, Coelho RB, Benseñor FEM, Vieira JE. Importance of critical events training for anesthesiology residents: experience with computer simulator. *Rev Bras Anesthesiol*. 2005 Apr;55(2):151-7.
- Corrêa CG, Santos Nunes FL, Tori R. Virtual Reality-Based System for Training in Dental Anesthesia. In: Shumaker R, Lackey S. *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Applications of Virtual and Augmented Reality: Lecture Notes in Computer Science*; 2014. p.267-76.
- Cortella MS. *Educação, escola e docência: novos tempos, novas atitudes*. São Paulo: Cortez; 2014.
- Cowan A. A clinical assessment of the intraligamentary injection. *Br Dent J*. 1986 Oct 25;161(8):296-8.
- Crean SJ, Powis A. Neurological complications of local anaesthetics in dentistry. *Dent Update*. 1999 Oct;26(8):344-9.
- Dawson SL. A critical approach to medical simulation. *Bull Am Coll Surg*. 2002 Nov;87(11):12-8.
- de Wet, Yelland M. The challenges and opportunities in medical education for digital 'natives' and 'immigrants' in Scotland and abroad. *Scott Med J*. 2015 Sept 1. pii: 0036933015597177. [Epub ahead of print].
- DeGrandpre RJ. *The Cult of Pharmacology: How America Became the World's Most Troubled Drug Culture*. Duke University Press Books; 2006.
- Ellis FR. Measurement of competence. *Br J Anaesth*. 1995 Dec;75(6):673-4
- Enter DH, Lou X, Hui DS, Andrei AC, Barner HB, Sheen L et al. Practice improves performance on a coronary anastomosis simulator, attending surgeon supervision does not. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015 Jan;149(1):12-6, 17.e1-2.
- Franconeri SL, Alvarez GA, Cavanagh P. Flexible cognitive resources: competitive content maps for attention and memory. *Trends Cogn Sci*. 2013 Mar;17(3):134-41. doi: 10.1016/j.tics.2013.01.010.
- Fried MP, Satava R, Weghorst S, Gallagher A, Sasaki C, Ross D et al. The Use of Surgical Simulators to Reduce Errors. In: Henriksen K, Battles JB, Marks ES, Lewin DI, editors. *Advances in Patient Safety: From Research to Implementation (Volume*

4: Programs, Tools, and Products). Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2005 Feb.

Gardner AK, Abdelfattah K, Wiersch J, Ahmed RA, Willis RE. Embracing Errors in Simulation-Based Training: The Effect of Error Training on Retention and Transfer of Central Venous Catheter Skills. *J Surg Educ*. 2015 Nov-Dec;72(6):e158-62. doi: 10.1016/j.jsurg.2015.08.002.

Gottlieb R, Lanning SK, Gunsolley JC, Buchanan JA. Faculty impressions of dental students' performance with and without virtual reality simulation. *J Dent Educ*. 2011 Nov;75(11):1443-51.

Grover SC, Garg A, Scaffidi MA, Yu JJ, Plener IS, Yong E et al. Impact of a simulation training curriculum on technical and nontechnical skills in colonoscopy: a randomized trial. *Gastrointest Endosc*. 2015 Dec;82(6):1072-9. doi: 10.1016/j.gie.2015.04.008.

Günther J. Digital Natives & Digital Immigrants. AEI - Agency for European Integration [internet]. Prishtina, Kosovo; 2007 [acesso 2015 abr 25]. Disponível em: <http://virtuni.eas.sk/rocnik/2007/pdf/fid001571.pdf>

Heine RD; Caughman WF. Alternative methods for inferior alveolar anesthesia. *Compend Contin Educ Dent*. 1985 June. 6(6):445-8.

Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America; Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000.

Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach*. 2005 Jan;27(1):10-28.

Jackson CR, Gibbin KP. 'Per ardua...'Training tomorrow's surgeons using inter alia lessons from aviation. *J R Soc Med*. 2006 Nov;99(11):554-8.

Joiner R, Gavin J, Brosnan M, Cromby J, Gregory H, Guiller J et al. Comparing first and second generation digital natives' Internet use, Internet anxiety, and Internet identification. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2013 Jul;16(7):549-52. doi: 10.1089/cyber.2012.0526.

Kaji AH, Bair A, Okuda Y, Kobayashi L, Khare R, Vozenilek J. Defining systems expertise: effective simulation at the organizational level--implications for patient safety, disaster surge capacity, and facilitating the systems interface. *Acad Emerg Med*. 2008 Nov;15(11):1098-103. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00209.x.

- Kaufman E, Weinstein P, Milgrom P. Difficulties in achieving local anesthesia. *J Am Dent Assoc*. 1984 Feb;108(2):205-8.
- Keros J, Obler P, Baucic I, Cabov T. Foramen mandibulae as an indicator of successful conduction anesthesia. *Coll Antropol*. 2001 June;25(1):327-31.
- Malamed SF. *Manual de Anestesia Local*. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.
- Malamed SF. Techniques of mandibular anesthesia. In: *Handbook of local anesthesia*. 4. ed. India: Harcourt Brace; 1997.
- Meechan JG. Supplementary routes to local anaesthesia. Review. *Int Endod J*. 2002 Nov;35(11):885-96.
- Merchant Z, Goetz ET, Cifuentes L, Keeney-Kennicutt W, Davis TJ. Effectiveness of virtual reality-based instruction on student's learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Comput Educ*. 2014 Jan;(70) 29-40.
- Milburn JA, Khera G, Hornby ST, Malone PS, Fitzgerald JE. Introduction, availability and role of simulation in surgical education and training: review of current evidence and recommendations from the Association of Surgeons in Training. *Int J Surg*. 2012;10(8):393-8. doi: 10.1016/j.ijssu.2012.05.005.
- Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. *Eur Urol*. 2015 Sep 30. pii: S0302-2838(15)00929-X. doi: 10.1016/j.eururo.2015.09.021.
- Okawa K, Ichinohe T, Kaneko Y. Anxiety May Enhance Pain during Dental Treatment. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2005 Aug;46(3):51-8.
- Oliveira EA. Simuladores Computadorizados e Auto-Percepção de Conduta de Alunos e Alunas em Psicologia. *Rev Estud Psicol*. 1999 set-dez;16(3):54-61.
- Pereira LA, Groppo FC, Bergamaschi CC, Meechan JG, Ramacciato JC, Motta RH et al. Articaine (4%) with epinephrine (1:100,000 or 1:200,000) in intraosseous injections in symptomatic irreversible pulpitis of mandibular molars: anesthetic efficacy and cardiovascular effects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2013 Aug;116(2):e85-91.
- Poyade M, Lysakowski A, Anderson P. Development of a Haptic Training Simulation for the Administration of Dental Anaesthesia based upon Accurate Anatomical Data [Resumo 143-147]. In: Conference and Exhibition of the European Association of Virtual and Augmented Reality, 2014 Dec 8-10; Germany: University of Bremen. Euro VR. 2014 [acesso 2015 mar 18]. Disponível em:

<https://diglib.eg.org/bitstream/handle/10.2312/eurovr.20141353.143-147/143-147.pdf?sequence=1>

Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants, Part II: Do They Really Think Differently? *On the Horizon*: NCB University Press. 2001b Dec; 9(6):1-9.

Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*: NCB University Press. 2001a Oct;9(5):1-6.

Pressey SL. *Psychology and the New Education*. Nova York: Harper & Brothers; 1933.

Rabinowitz W, Mitzel HE. Programming in education and teacher preparation. *Teachers College Record*. 1962;64:128-38.

Rhienmora P, Haddawy P, Suebnukarn S, Dailey MN. Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. *Artif Intell Med*. 2011 Jun;52(2):115-21. doi: 10.1016/j.artmed.2011.04.003.

Rosenberg M, Orr DL 2nd, Starley ED, Jensen DR. Student-to-student local anesthesia injections in dental education: moral, ethical, and legal issues. *J Dent Educ*. 2009 Jan;73(1):127-32.

Sacco K, Cauda F, Cerliani L, Mate D, Duca S, Geminiani GC. Motor imagery of walking following training in locomotor attention. The effect of "the tango lesson". *Neuroimage*. 2006 Sep;32(3):1441-9.

Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg*. 2002 Oct;236(4):458-63; discussion 463-4.

Skinner BF. Teaching machines. *Sci Am*. 1961 Nov;205:91-102.

Sousa AMA, Okada DM, Suzuki FA. O uso de simuladores no aprendizado para cirurgia otológica. *Arquivos Int Otorrinolaringol*. 2011;15(4):509-14.

Suebnukarn S, Hataidechadusadee R, Suwannasri N, Suprasert N, Rhienmora P, Haddawy P. Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. *Int Endod J*. 2011 Nov;44(11):983-9. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01899.x.

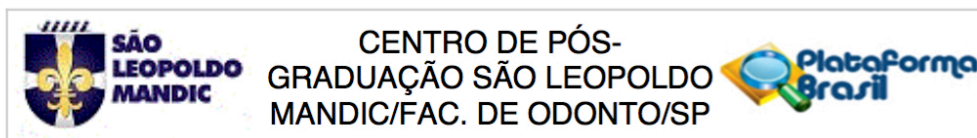
The National Center for Simulation. Orlando: NCS [acesso 2015 mar 26]. Disponível em: <https://www.simulationinformation.com/about>

Urbankova A, Engebretson SP. Computer-assisted dental simulation as a predictor of preclinical operative dentistry performance. *J Dent Educ*. 2011 Sep;75(9):1249-55.



- Urbankova A. Impact of computerized dental simulation training on preclinical operative dentistry examination scores. *J Dent Educ.* 2010 Apr;74(4):402-9.
- Vidal F, Meckler C, Hasbroucq T. Basics for sensorimotor information processing: some implications for learning. *Front Psychol.* 2015 Feb 16;6:33.
- Walsh CM, Sherlock ME, Ling SC, Carnahan H. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012 Jun 13;6:CD008237. doi: 10.1002/14651858.CD008237.pub2.
- Weller JM, Nestel D, Marshall SD, Brooks PM, Conn JJ. Simulation in clinical teaching and learning. *Med J Aust.* 2012 May 21;196(9):594.
- Wierinck ER, Puttemans V, Swinnen SP, van Steenberghe D. Expert performance on a virtual reality simulation system. *J Dent Educ.* 2007 June;71(6):759-66.

## Anexo 1 - Folha de Aprovação do Comitê de Ética



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO PARA TREINAMENTO DA TÉCNICA DO BLOQUEIO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR

**Pesquisador:** Robson Tetsuo Sasaki

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 30344314.3.0000.5374

**Instituição Proponente:** CENTRO DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS SÃO LEOPOLDO MANDIC SS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 802.506

**Data da Relatoria:** 22/09/2014

#### Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa se propõe a verificar a eficácia de aula prática pré-clínica em peça anatômica no ensino da técnica anestésica do bloqueio do nervo alveolar inferior.

#### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo será avaliar se um treinamento pré-clínica utilizando peças anatômicas trará algum benefício no aprendizado da técnica do bloqueio do nervo alveolar inferior.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Descritos corretamente.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Sem comentários.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

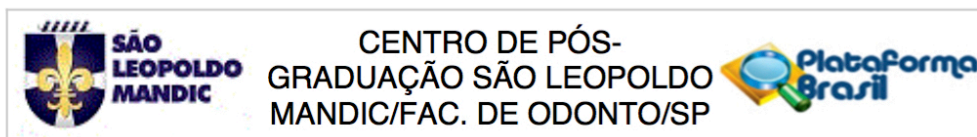
Todos os termos foram entregues,

#### Recomendações:

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O pesquisador corrigiu as pendências.

**Endereço:** Rua José Rocha Junqueira Nº13  
**Bairro:** Swift **CEP:** 13.045-441  
**UF:** SP **Município:** CAMPINAS  
**Telefone:** (19)3211-3600 **Fax:** (19)3211-3600 **E-mail:** cep@slmandic.edu.br



Continuação do Parecer: 802.506

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

CAMPINAS, 23 de Setembro de 2014

---

**Assinado por:**  
**FERNANDA LOPES DA CUNHA**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rua José Rocha Junqueira N°13  
**Bairro:** Swift **CEP:** 13.045-441  
**UF:** SP **Município:** CAMPINAS  
**Telefone:** (19)3211-3600 **Fax:** (19)3211-3600 **E-mail:** cep@slmandic.edu.br

## Anexo 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO PARA TREINAMENTO DA TÉCNICA DO BLOQUEIO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR”. Essa pesquisa é justificada pela necessidade de se obter uma nova metodologia de ensino voltada à técnica anestésica de bloqueio do nervo alveolar inferior, tendo em vista a grande incidência de insucesso relatado na literatura. Para a realização deste estudo, você terá o aplicativo instalado em seu smartphone ou tablet durante 01 semana e você irá realizar ao menos 5 tentativas no primeiro dia de uso e 5 tentativas 7 dias após. Como benefício, sua contribuição será científica e metodológica para o ensino da técnica anestésica. A sua participação é voluntária, você não terá qualquer tipo de despesa bem como não receberá recursos financeiros pela participação. Os dados obtidos, bem como a sua identidade serão mantidos em sigilo, sendo somente utilizados pelo pesquisador. Todas as dúvidas relativas a esses procedimentos serão esclarecidas previamente a assinatura deste termo. Fica facultada a sua desistência da participação desta pesquisa a qualquer momento que lhe convir sem que isto, no entanto, traga qualquer tipo de prejuízo. Serei informado sobre os resultados da pesquisa. Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato, com o pesquisador Leandro Augusto Pinto Pereira, por meio do telefone: (19) 98111-0991 ou com o CEP da instituição pelo e-mail: [cep@slmandic.edu.br](mailto:cep@slmandic.edu.br).

Eu, \_\_\_\_\_, após a leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto, expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Campinas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

---

Assinatura do(a) voluntário(a)

### **Anexo 3 - Formulário de Avaliação do Uso do Aplicativo Dental Anesthesia Simulator.**

1- O uso do simulador é de fácil uso

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

2- O simulador corresponde à realidade clínica.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

3- O modo estudo (que inclui a transparência dos tecidos moles) ajudou no aprendizado do ponto de punção e inclinação tridimensional da agulha.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

4- O material suplementar de textos trouxe o suporte teórico suficiente.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

5- O material suplementar de vídeo clínico melhorou o aprendizado da técnica.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

6- O aplicativo trouxe mais segurança para a realização da técnica em pacientes.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

7- A possibilidade de enxergar os erros cometidos trouxe maior entendimento da técnica.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

8- Os feedbacks de erros ao final da técnica trouxeram maior entendimento dos meus erros.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

9- O simulador é uma metodologia eficaz para o treinamento e aprendizagem de anestesia local em Odontologia

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

10- Eu recomendaria este treinamento à outros alunos e colegas

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

11- Eu gostaria de realizar o treinamento de outras técnicas anestésicas.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

12- Eu gostaria de realizar o treinamento em simulador em outras disciplinas.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

13- Sinto que não precisarei de supervisão de um professor na próxima vez que eu for realizar um bloqueio do nervo alveolar inferior em um paciente.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

14- O uso do aplicativo aumentou a minha segurança na clínica.

- ☐ Concordo Totalmente
- ☐ Concordo Parcialmente
- ☐ Discordo Totalmente
- ☐ Discordo Parcialmente
- ☐ Não concordo/ Não discordo

15 - Escreva aqui como foi a sua experiência com o uso do aplicativo Dental Anesthesia Simulator:

---

---

---